



**TUGAS AKHIR - TE 141599**

**EVALUASI SISTEM PROTEKSI PETIR EKSTERNAL  
PADA PABRIK PT PUPUK SRIWIJAYA**

Dennis Messelinus Christian

NRP 2213 100 173

Dosen Pembimbing

Dr.Eng. I Made Yulistya Negara, ST., M.Sc

Ir. Arif Musthofa, MT

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO

Fakultas Teknologi Elektro

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “Evaluasi Sistem Proteksi Petir Eksternal pada Pabrik PT Pupuk Sriwijaya” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 25 Juli 2017



Dennis Messelinus

2213100173



**EVALUASI SISTEM PROTEKSI PETIR EKSTERNAL PADA  
PABRIK PUPUK SRIWIJAYA**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada**

**Bidang Teknik Sistem Tenaga  
Departemen Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Menyetujui:**

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Dr. Eng. I Made Yulistya Negara, ST., M.Sc**  
**NIP. 197007121998021001**

**Ir. Arif Musthofa, MT.**  
**NIP. 196608111992031004**



## ABSTRAK

Indonesia termasuk daerah dengan hari guruh tertinggi di dunia yaitu 180 – 260 hari guruh per tahun dengan kerapatan sambaran petir mencapai 30 sambaran per tahun. Akibat dari sambaran petir langsung dapat menyebabkan kerusakan langsung pada bangunan, menimbulkan kebakaran bahkan korban jiwa. Oleh karena itu dibutuhkan system perlindungan untuk mencegah kejadian tersebut.

Sistem Proteksi Petir terbagi menjadi dua yaitu system proteksi internal dan eksternal. Sistem proteksi yang akan dirancang adalah system proteksi eksternal dari bangunan pabrik NPK Fussion yang merupakan proyek pengembangan dari Pusri II-B PT Pupuk Sriwijaya Palembang. Terdapat tiga bagian utama yang menjadi pokok perancangan system proteksi eksternal yaitu terminasi udara, *down conductor*, dan pentanahan. Metode yang digunakan dalam merancang terminasi udara adalah metode bola bergulir dengan memanfaatkan pendekatan electrogeometrical dengan mengacu pada ketentuan SNI 03-7015-2004. Dengan hasil perancangan dapat dilihat bahwa seluruh bagian dan area dari pabrik NPK Fussion PT Pupuk Sriwijaya sudah terlindungi. Akan tetapi penggunaan electrode rod dan jumlah down conductor dapat kita evaluasi untuk meminimalisir dan membuat peralatan penangkap petir efektif dalam bekerja. Terdapat tiga daerah dari area NPK Fussion yang akan dianalisa yaitu Raw Material Area, Storage Area, dan Process Area. Dari hasil analisa didapatkan bahwa jarak horizontal dari masing-masing area adalah 19.38 meter dengan kondisi awal secara berurutan adalah 38.93 , 38.93 , dan 34.92 meter. Sedangkan untuk penggunaan *down conductor* secara berurutan adalah 7 buah untuk Raw Material Area, 5 buah untuk Process Area, dan 4 buah untuk Storage Area . Dengan penggunaan down conductor yang diparalel maka akan membuat impedansi semakin kecil dan arus terbagi pada down conductor hingga  $\frac{1}{4}$  kali dari arus petir yang ditangkap sebesar 100kA menjadi 25kA sehingga tidak akan merusak kabel down conductor.

Kata Kunci : Sistem Proteksi Eksternal, Terminasi Udara, bola bergulir, electrogeometrical, down conductor, pentanahan,



## ***ABSTRACT***

Indonesia is the region with the highest thunderclap in the world that is 180 - 260 days of thunder per year with the density of lightning strike reach 30 strokes per year. As a result of direct lightning strikes can cause direct damage to buildings, causing fires and even casualties. Therefore we need a protection system to prevent the incident.

Lightning Protection System is divided into two, namely internal and external protection systems. The protection system to be designed is an external protection system from NPK Fussion factory building which is a development project of Pusri II-B PT Pupuk Sriwijaya Palembang. There are three main parts which become the principal design of external protection system that is air termination, down conductor, and earth. The method used in designing air termination is a rolling ball method by utilizing the electrogeometrical approach with reference to the provisions of SNI 03-7015-2004. With the results of design can be seen that all parts and areas of the factory NPK Fussion PT Pupuk Sriwiaya already protected. However, the use of electrode rod and the number of down conductors we can evaluate to minimize and make lightning-catching equipment effective in working. There are three areas of NPK Fussion area to be analyzed ie Raw Material Area, Storage Area, and Process Area. From the analysis it is found that the horizontal distance from each area is 19.38 meters with the initial condition in sequence is 38.93, 38.93, and 34.92 meters. As for the use of down conductor in sequence is 7 pieces for Raw Material Area, 5 pieces for Process Area, and 4 pieces for Storage Area. With the use of the parallel down conductor it will make the impedance smaller and the current divided into down condcutor up to  $\frac{1}{4}$  times from the lightning current captured by 100kA to 25kA so it will not damage the cable down conductor.

**Keywords:** External Protection System, Air Termination, rolling sphere, electrogeometrical, down conductor, ground,

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis kepada Tuhan, karena berkat dan anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir dengan judul “Evaluasi Sistem Proteksi Petir Eksternal pada PT Pupuk Sriwijaya” tepat pada waktunya.

Dalam penyusunan dan penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis dengan senang hati menyampaikan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Bapak Wira Widjaja selaku ayah tercinta, ibu Yuliati selaku ibu tercinta, Denna Messelia selaku kakak tercinta, yang mendampingi perjalanan hidup penulis dan mendoakan serta memberikan semangat kepada penulis.
2. Bapak Dr.Eng. I Made Yulistya Negara, ST., M.Sc. selaku dosen pembimbing satu yang telah berkenan meluangkan waktu untuk memberikan arahan, bimbingan, saran, dukungan, dan berbagai wawasan kepada penulis.
3. Bapak Dr. Eng. Ardyono Priyadi, ST., M.Eng. selaku Ketua Jurusan yang telah berbaik hati memberi dukungan dan semangat untuk menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak Prof. Ir. H. Ontoseno Penangsang, M.Sc, Ph.D selaku dosen wali penulis yang telah berkenan memberikan masukan serta saran kepada penulis
5. Dosen – dosen Teknik Elektro Insitut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya beserta Staff yang tidak bisa disebutkan satu per satu.
6. Bapak Ir. Arif Musthofa, MT selaku dosen pembimbing dua yang telah banyak memberikan masukan dan saran atas tugas akhir ini

7. Bapak M.Nur Aziz Koordinator Research and Development PT Pupuk Sriwijaya.
8. Staf ahli Research and Development PT Pusri, Bapak Ahmad Subhkan yang telah membantu dalam penelitian.
9. Bapak Dinar, Staf ahli Research and Development
10. Staf ahli Research and Development, Divisi Perkapalan Pertamina PTK
11. Ganda Irvan yang telah memberikan saran dan panduan tentang menggambar teknik.
12. Putri Ester , yang melancarkan pengambilan data bangunan Pusri.
13. Andreas Simanungkalit, yang bersedia meminjamkan komputer dan printer.
14. Keluarga besar HIMATEKTRO ITS.
15. Sahabat – sahabat Teknik Elektro 2013, Erwin, Velix, Pius, Adi, Togi, dll.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak untuk memperbaiki tugas akhir ini. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi siapapun yang membacanya.



# DAFTAR ISI

COVER DALAM .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i> .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Manfaat Penelitian.....	2
1.5. Sistematika Penulisan.....	2
BAB 2 SISTEM PROTEKSI PETIR EKSTERNAL .....	5
2.1. Petir .....	5
2.1.1. Pengertian Petir .....	5
2.1.2. Fenomena Terjadinya Petir .....	5
2.1.2.1 Proses Ionisasi .....	7
2.1.2.2 Gesekan Antar Awan .....	7
2.2. Kerusakan Akibat Sambaran Petir.....	8
2.3. Efek Sambaran Petir .....	9
2.4. Sistem Proteksi Petir .....	11
2.4.1. Sistem Proteksi Petir Internal .....	11

2.4.2.	Sistem Proteksi Petir Eksternal .....	12
2.4.2.1	Terminasi Udara (Air Terminal) .....	12
2.4.2.2	Konduktor Penyalur Arus Petir (Down Conductor) 13	
2.4.2.3	Pembumian (Grounding).....	14
2.5.	Metode Rolling Sphere.....	14
2.6.	Metode Zona Proteksi Razevig .....	15
2.7.	Metode Collection Volume .....	16
 <b>BAB 3 PROFIL BANGUNAN, HASIL PENGUKURAN DAN SISTEM PENTAHANAN SERTA KARAKTERISTIK PETIR PABRIK NPK FUSSION PT PUPUK SRIWIJAYA PALEMBANG..</b>		
3.1.	Profil NPK Fussion PT Pupuk Sriwijaya .....	19
3.2.	Parameter Petir .....	21
3.2.1.	Nilai Puncak Arus Petir .....	21
3.2.2.	Muatan Arus .....	22
3.2.3.	Kecuraman Arus.....	22
3.3.	Efek Petir terhadap Bangunan .....	23
3.4.	Permodelan Instalasi dan SPE .....	24
3.4.1.	Permodelan Petir .....	25
3.5.	Kondisi Existing Proteksi Petir Eksternal pada Pabrik NPK Fussion .....	25
3.5.1.	Terminasi Udara .....	25
3.5.1.1	Terminasi Udara pada Raw Material Area .....	26
3.5.1.2	Terminasi Udara pada Process Area.....	27
3.5.1.3	Terminasi Udara pada Storage Area.....	28
3.5.2.	Hasil Perhitungan Terminasi Udara Pabrik NPK Fussion .....	28
3.6.	Down Conductor .....	29

3.6.1.	<i>Down Conductor</i> pada Raw Material Area .....	30
3.6.2.	<i>Down Conductor</i> pada Process Area .....	30
3.6.3.	<i>Down Conductor</i> pada Storage Area .....	31
3.7.	Hasil Desain Sistem Proteksi Petir pada Pabrik NPK Fussion. ....	32
3.8.	Grounding .....	32
3.8.1.	Soil Test Resistivity .....	33
3.8.2.	Pentanahan pada Raw Material Area .....	33
3.8.3.	Pentanahan pada <i>Process Area</i> .....	35
3.8.4.	Pentanahan pada Storage Area .....	37
3.9.	Peralatan pada Bangunan NPK Fussion .....	38
3.10.	Elektrode Pentanahan .....	39
BAB 4 ANALISA PENYEMPURNAAN PROTEKSI PETIR .....		41
4.1.	Penentuan Tingkat Proteksi pada Bangunan Gedung .....	41
4.1.1.	Penentuan Hari Guruh (Iso Kraunik Level) .....	41
4.1.2.	Penentuan Densitas Sambaran Petir ke Tanah ....	43
4.1.3.	Penentuan Frekuensi Sambara Petir Langsung (Nd) yang Diperkirakan pada Bangunan Gedung .....	43
4.1.4.	Penentuan Nilai Efisiensi .....	44
4.1.5.	Penentuan Kelas Proteksi .....	45
4.2.	Perhitungan Air Termination.....	46
4.2.1.	Terminasi Udara pada Raw Material Area .....	46
4.2.2.	Terminasi Udara pada Process Area.....	49
4.2.3.	Terminasi Udara pada Storage Area.....	51
4.3.	Down Conductor .....	53



4.3.1.	Perhitungan Down Conductor pada Raw Material Area .....	55
4.3.2.	Perhitungan Down Conductor pada Process Material Area .....	56
4.3.3.	Perhitungan Down Conductor pada Stroage Material Area .....	58
4.4.	Pentanahan .....	59
4.4.1.	Pentanahan pada Raw Material Area .....	60
4.4.2.	Pentanahan pada <i>Process Area</i> .....	61
4.4.3.	Pentanahan pada Storage Area .....	62
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		67
5.1.	Kesimpulan .....	67
5.2.	Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA .....		69
LAMPIRAN.....		70

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Petir [1] .....	5
<b>Gambar 2.2</b> Proses Terbentuknya Petir [2].....	7
<b>Gambar 2.3</b> Zona Perlindungan pada Metode Rolling Sphere [3].....	15
<b>Gambar 2.4</b> Zona Proteksi Razevig [2] .....	16
<b>Gambar 2.5</b> Metode Collection Volume [2] .....	17
<b>Gambar 3.1</b> Lokasi NPK Fussion PT PUSRI (Sumber : Google Maps, Mei, 2017) .....	19
<b>Gambar 3.2</b> Bangunan Pabrik NPK Fussion PT Pupuk Sriwijaya (Sumber : Satelit Google, Mei, 2017) .....	20
<b>Gambar 3.3</b> Permodelan SPE pada ATP/EMTP .....	25
<b>Gambar 3.4</b> Permodelan Arus Petir Heidler .....	26
<b>Gambar 3.5</b> Soil Test Resistivity Result NPK Fussion Area .....	35
<b>Gambar 3.6</b> Layout Elektrode Penangkap Petir (Side View) .....	39
<b>Gambar 3.7</b> Layout Elektrode Batang (Front View) .....	40
<b>Gambar 4.1</b> Permodelan Down Conductor .....	54
<b>Gambar 4.2</b> Tegangan Down Conductor pada Raw Material Area .....	64
<b>Gambar 4.3</b> Tegangan Down Conductor pada Raw Material Area .....	65
<b>Gambar 4.4</b> Tegangan Down Conductor pada Storage Area .....	65
<b>Gambar 4.5</b> Arus yang Mengalir pada Down Conductor .....	66

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> Nilai Puncak Arus Petir Berdasarkan Tingkat Proteksi .....	21
<b>Tabel 3.2</b> Muatan Listrik Berdasarkan Tingkat Proteksi (SNI 03-7015-2004) .....	22
<b>Tabel 3.3</b> Kecuraman Arus Berdasarkan Tingkat Proteksi (SNI 03-7015-2004) .....	22
<b>Tabel 3.4</b> Perhitungan Terminasi Udara pada Bangunan NPK Fussion	28
<b>Tabel 3.5</b> Hasil Desain Sistem Proteksi Petir pada Pabrik NPK Fussion. ....	32
<b>Tabel 3.6</b> Data <i>Grounding Calculation</i> Raw Material Area .....	34
<b>Tabel 3.7</b> Data <i>Grounding Calculation</i> Process Area .....	35
<b>Tabel 3.8</b> Lanjutan Data <i>Grounding Calculation</i> Process Area .....	36
<b>Tabel 3.9</b> Data <i>Grounding Calculation</i> Storage Area .....	37
<b>Tabel 3.10</b> Jenis dan Ukuran Peralatan pada Pabrik NPK Fussion .....	38
<b>Tabel 4.1</b> Data Hari Guruh Wilayah Sumatera (SNI 7015-2004) .....	42
<b>Tabel 4.2</b> Penentuan Tingkat Proteksi Berdasarkan Efisiensi SPP .....	45
<b>Tabel 4.3</b> Parameter Petir Berdasarkan Tingkat Proteksi .....	45
<b>Tabel 4.4</b> Perhitungan Terminasi Udara Raw Material Area .....	48
<b>Tabel 4.5</b> Perhitungan Terminasi Udara Process Area .....	50
<b>Tabel 4.6</b> Perhitungan Terminasi Udara Storage Area .....	53
<b>Tabel 4.7</b> Data <i>Grounding Calculation</i> Raw Material Area .....	60
<b>Tabel 4.8</b> Data <i>Grounding Calculation</i> Process Area .....	61
<b>Tabel 4.9</b> Data <i>Grounding Calculation</i> Storage Area .....	62
<b>Tabel 4.10</b> Data <i>Grounding Calculation</i> Storage Area .....	63
<b>Tabel 4.11</b> Data Permodelan Down Conductor .....	64





# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Fenomena petir merupakan suatu gejala dan fenomena alam akibat terjadinya beda potensial antara bumi dengan awan.. Petir dianalogikan sebagai sebuah kapasitor raksasa, dimana awan merupakan lempeng pertama, dan lempeng kedua adalah bumi merupakan lempeng netral [1]. Kapasitor merupakan sebuah komponen pasif dimana bisa menyimpan energy sesaat. Petir juga dapat terjadi dari awan ke awan, dimana salah satu awan bertindak sebagai muatan negative dan awan lainnya bermuatan positif [1, 2].

Di daerah Indonesia merupakan daerah dengan hari guruh tertinggi di dunia yakni berkisar antara 180-260 hari guruh per tahun dengan kerapatan sambaran petir ke tanah (Ng) mencapai 30 sambaran per tahun [2]. Hal ini mengindikasikan bahwa banyaknya petir yang datang setiap tahun dan perlunya proteksi bagi setiap gedung bangunan yang rawan terkena sambaran petir

Sambaran petir langsung dapat menyebabkan kerusakan bangunan, peralatan, kebakaran bahkan korban jiwa, sedangkan tegangan induksi yang disebabkan sambaran tidak langsung dapat mempengaruhi kinerja peralatan umur pakai, bahkan kerusakan pada peralatan. Hal ini dapat menimbulkan kerugian yang besar, sehingga dibutuhkan usaha untuk mengurangi resiko akibat sambaran petir yaitu dengan desain sistem proteksi.

Sistem proteksi petir di dalam suatu bangunan meliputi dua bagian yaitu system proteksi internal dan eksternal. Sistem Proteksi internal menjaga agar peralatan dalam gedung aman dari tegangan lebih akibat dari sambaran petir, sedangkan system proteksi eksternal bertujuan untuk mengurangi resiko terhadap bahaya kerusakan akibat sambaran langsung pada bangunan yang dilindungi [2].

Di beberapa area pabrik Pupuk Sriwijaya terdapat beberapa wilayah yang tidak diproteksi dan tidak adanya evaluasi terhadap penangkal petir yang terpasang. Dari tugas akhir ini dapat ditentukan tingkat kehandalan pembumian proteksi petir eksternal, perhitungan

besar resiko sambaran petir, perhitungan besarnya tahanan pembumian, perhitungan zona proteksi dan sudut lindung yang aman, dan merancang system proteksi pada daerah yang belum terproteksi.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Penentuan system proteksi petir yang optimal pada pabrik Pupuk Sriwijaya
2. Perancangan zona lindung pada system proteksi petir ekesternal
3. Penentuan level proteksi pada tiap-tiap bangunan pada pabrik Pupuk Sriwijaya

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan penilitian Tugas Akhir adalah sebagai berikut :

1. Memberikan pengertian mengenai petir dan konsep dasar terbentuknya petir
2. Mengevaluasi system proteksi petir pada pabrik Pupuk Sriwijaya
3. Merancang dan memberikan usulan system proteksi yang optimal dan handal pada pabrik Pupuk Sriwijaya

## **1.4. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian Tugas Akhir ini adalah diharapkan rancangan system proteksi yang telah dibuat dapat diimplementasikan dalam *plant* tersebut serta hasil evaluasi dapat digunakan sebaik-baiknya oleh pihak-pihak yang terkait.

## **1.5. Sistematika Penulisan**

Dalam penyusunan laporan penelitian Tugas Akhir ini, disusun menjadi beberapa bab dan uraian dengan pembahasan sesuai dengan daftar isi. Terdapat beberapa uraian singkat pada subbab sistematika penulisan tentang garis besar materi yang akan dibahas setiap bab. Sistematika penyusunan laporannya adalah sebagai berikut :

## **BAB I PENDAHULUAN**

Pendahuluan menguraikan tentang latar belakang, tujuan penyusunan, batasan masalah, rumusan masalah, waktu dan tempat pelaksanaan, metodologi penulisan dan sistematika laporan.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini akan membahas mengenai teori-teori dasar yang mendukung analisa sistem proteksi petir meliputi; petir dan karakteristiknya, sistem proteksi eksternal yang terdiri dari terminal udara, konduktor pentanahan, dan sistem terminasi bumi, sistem proteksi internal.

## **BAB III PROFIL BANGUNAN, HASIL PENGUKURAN DAN SISTEM PENTAHANAN SERTA KARAKTERISTIK PETIR PABRIK NPK FUSSION PT PUPUK SRIWIJAYA PALEMBANG**

Isi bab ini adalah tahap-tahap yang dilalui dalam melakukan penelitian dan data-data yang didapat setelah melakukan observasi lapangan pada Pabrik Pupuk Sriwijaya, sebagai penunjang dalam menganalisa permasalahan yang terjadi pada sistem proteksi petir eksternal dan internal

## **BAB IV ANALISA PENYEMPURNAAN PROTEKSI PETIR**

Bab ini menjelaskan tentang hasil analisa penyempurnaan proteksi petir serta kategori standar proteksi yang akan digunakan

## **BAB V KESIMPULAN**

Pada bab ini diberikan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk mengoptimalkan sistem proteksi yang saat ini sudah ada.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan “*

## BAB 2

### SISTEM PROTEKSI PETIR EKSTERNAL

#### 2.1. Petir

##### 2.1.1. Pengertian Petir

Fenomena petir merupakan suatu gejala dan fenomena alam akibat terjadinya beda potensial antara bumi dengan awan. Petir dianalogikan sebagai sebuah kapasitor raksasa, dimana awan merupakan lempeng pertama, dan lempeng kedua adalah bumi merupakan lempeng netral. Kapasitor merupakan sebuah komponen pasif dimana bisa menyimpan energy sesaat. Petir juga dapat terjadi dari awan ke awan, dimana salah satu awan bertindak sebagai muatan negative dan awan lainnya bermuatan positif [3, 4] . Pada gambar 2.1 terlihat bahwa bentuk petir yang menyambar menyerupai bentuk akar atau disebut *step leader* yang terus berulang menembus udara di sekitarnya hingga akhirnya jatuh ke bumi.



**Gambar 2.1** Petir [1]

##### 2.1.2. Fenomena Terjadinya Petir

Ketika kuat medan listrik diawan melebihi harga kuat medan tembus udara (30 kV/cm) maka akan terjadi lidah pelopor (pilot stremer)

yang menentukan arah perambatan lidah petir (leader) dari awan ke udara. Gerakan lidah pelopor diikuti oleh lompatan- lompatan titik cahaya yang jalannya terputah- putah (step leader). Terjadinya sambaran petir selalu diawali oleh lidah- lidah petir yang bergerak turun (downward leader) dari awan bermuatan [2, 5].

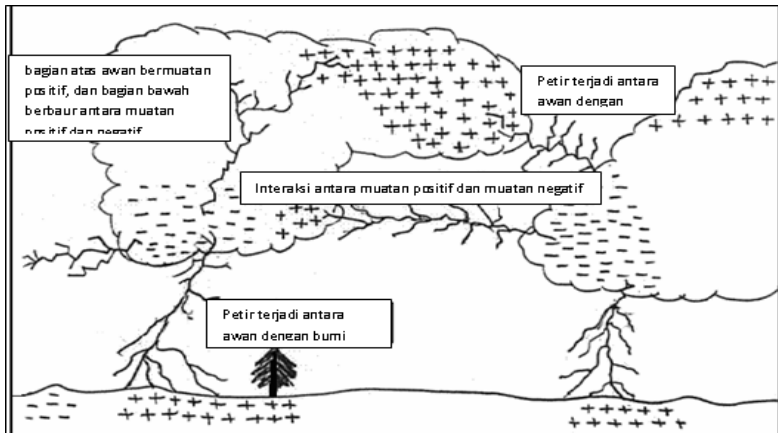
Ada beberapa tahapan yang biasanya dilalui, tahap pertama adalah pemampatan muatan listrik pada awan bersangkutan. Bagian paling atas awan adalah listrik muatan negatif, bagian tengah listrik bermuatan positif, bagian dasar adalah muatan negatif yang berbaur dengan muatan positif ( tempat petir biasanya berlontaran), besar medan listrik minimal yang memungkinkan terpicunya petir ini adalah sekitar 1.000.000 volt per meter.

Suara petir berasal dari loncatan elektron yang menembus batas isolasi udara. Loncatan elektron yang berupa bunga api tersebut besar dan panas. Pada saat bunga api itu melewati udara, udara tersebut akan memuai. Kilat petir terjadi dalam bentuk setidaknya dua sambaran.

Sambaran pertama muatan negatif (-) mengalir dari awan ke permukaan tanah. Sejumlah kilat percabangan biasanya dapat terlihat menyebar keluar dari jalur kilat utama. Ketika sambaran pertama ini mencapai permukaan tanah, sebuah muatan berlawanan terbentuk pada titik yang akan disambarnya dan arus kilat kedua yang bermuatan positif terbentuk dari dalam jalur kilat utama tersebut langsung menuju awan ( Sambaran Kedua ).

Dua kilat tersebut biasanya berada sekitar 50 meter di atas permukaan tanah. Arus pendek terbentuk di titik pertemuan antara awan dan permukaan tanah tersebut, dan hasilnya sebuah arus listrik yang sangat kuat dan terang mengalir dari dalam jalur kilat utama itu menuju awan. Perbedaan tegangan pada aliran listrik antara awan dan permukaan tanah ini melebihi beberapa juta volt.

Semakin besar muatan maka beda potensial antara awan dan tanah akan bertambah sehingga semakin besar pula medan listrik yang terjadi. Jika medan listrik yang ditimbulkan melebihi kuat medan tembus udara ke tanah maka akan terjadi pelepasan atau peluahan muatan listrik (*discharge*) pada saat itulah terjadi kilat atau petir (sambaran petir) Mekanisme terjadinya petir dapat dilihat di gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Proses Terbentuknya Petir [2]

Ada dua teori terbentuknya petir di dalam awan :

1. Proses Ionisasi
2. Gesekan antar awan

### **2.1.2.1 Proses Ionisasi**

Petir terjadi karena terkumpulnya ion bebas bermuatan negatif dan positif di awan,. Proses Ionisasi ini disebabkan oleh perubahan bentuk air mulai dari cair menjadi gas atau sebaliknya, bahkan padat (es) menjadi cair.

Ion bebas menempati permukaan awan dan bergerak mengikuti angin yang berhembus, bila awan-awan terkumpul di suatu tempat maka awan bermuatan akan memiliki beda potensial yang cukup untuk menyambar permukaan bumi.

### **2.1.2.2 Gesekan Antar Awan**

Mulanya awan bergerak mengikuti arah angin, selama proses ini maka awan saling bergesekan satu dengan yang lainya yang menyebabkan munculnya elektron-elektron bebas yang memenuhi permukaan awan. Proses ini bisa digambarkan secara sederhana pada



sebuah penggaris plastik yang digosokkan pada rambut maka penggaris ini akan mampu menarik potongan kertas. Pada suatu saat awan ini akan terkumpul di sebuah kawasan, saat inilah petir dimungkinkan terjadi karena elektron-elektron bebas ini saling menguatkan satu dengan lainnya, Sehingga memiliki cukup beda potensial untuk menyambar permukaan bumi

## **2.2. Kerusakan Akibat Sambaran Petir**

Sambaran petir dapat mengakibatkan kerusakan dan mengakibatkan efek kerugian bagi objek-objek antara lain :

### **1. Sambaran Petir Langsung terhadap bangunan**

Sambaran petir yang langsung mengenai struktur bangunan rumah, kantor dan gedung, tentu saja hal ini sangat membahayakan bangunan tersebut beserta seluruh isinya karena dapat menimbulkan kebakaran, kerusakan perangkat elektrik/elektronik atau bahkan korban jiwa. Maka dari itu setiap bangunan diwajibkan memasang instalasi penangkal petir. Cara penanganannya adalah dengan cara memasang terminal penerima sambaranpetir serta instalasi pendukung lainnya yang sesuai dengan standart yang telah di tentukan. Terlebih lagi jika sambaran petir langsung mengenai manusia, maka dapat berakibat luka atau cacat bahkan dapat menimbulkan kematian. Banyak sekali peristiwa sambaran petir langsung yang mengenai manusia dan biasanya terjadi di areal terbuka.

### **2. Sambaran Petir melalui jaringan listrik**

Bahaya sambaran ini sering terjadi, petir menyambar dan mengenai sesuatu di luar area bangunan tetapi berdampak pada jaringan listrik di dalam bangunan tersebut, hal ini karena sistem jaringan distribusi listrik/PLN memakai kabel udara terbuka dan letaknya sangat tinggi, bilamana ada petir yang menyambar pada kabel terbuka ini maka arus petirakan tersalurkan ke pemakai langsung. Cara penanganannya adalah dengan cara memasang perangkat arrester sebagai pengaman tegangan lebih (over

voltage). Instalasi surge arrester listrik ini dipasang harus dilengkapi dengan grounding system

3. Sambaran melalui Jaringan Telekomunikasi

Bahaya sambaran petir jenis ini hampir serupa dengan yang ke-2 akan tetapi berdampak pada perangkat telekomunikasi, misalnya telepon dan PABX. Penanganannya dengan cara pemasangan arrester khusus untuk jaringan PABX yang di hubungkan dengan grounding. Bila bangunan yang akan di lindungi mempunyai jaringan internet yang koneksinya melalui jaringan telepon maka alat ini juga dapat melindungi jaringan internet tersebut.

### **2.3. Efek Sambaran Petir**

Sambaran Petir memiliki beberapa efek yang dapat merugikan dan berbahaya bagi manusia. Efek atau fenomena sambaran petir dibagi menjadi beberapa bagian yaitu :

1. Efek Listrik

Ketika arus petir melalui kabel penyalur (konduktor) menuju resistansi elektroda bumi instalasi penangkal petir, akan menimbulkan tegangan jatuh resistif, yang dapat dengan segera menaikkan tegangan sistem proteksi kesuatu nilai yang tinggi dibanding dengan tegangan bumi. Arus petir ini juga menimbulkan gradien tegangan yang tinggi disekitar elektroda bumi, yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup. Dengan cara yang sama induktansi sistem proteksi harus pula diperhatikan karena kecuraman muka gelombang pulsa petir. Dengan demikian tegangan jatuh pada sistem proteksi petir adalah jumlah aritmatik komponen tegangan resistif dan induktif

2. Efek Tegangan Tembus – Samping

Titik sambaran petir pada sistem proteksi petir bisa memiliki tegangan yang lebih tinggi terhadap unsur logam didekatnya. Maka dari itu akan dapat menimbulkan resiko tegangan tembus dari sistem proteksi petir yang telah terpasang

menuju struktur logam lain. Jika tegangan tembus ini terjadi maka sebagian arus petir akan merambat melalui bagian internal struktur logam seperti pipa besi dan kawat. Tegangan tembus ini dapat menyebabkan resiko yang sangat berbahaya bagi isi dan kerangka struktur bangunan yang akan dilindungi

3. Efek Termal

Dalam kaitannya dengan sistem proteksi petir, efek termal pelepasan muatan petir adalah terbatas pada kenaikan temperatur konduktor yang dilalui arus petir. Walaupun arusnya besar, waktunya adalah sangat singkat dan pengaruhnya pada sistem proteksi petir biasanya diabaikan. Pada umumnya luas penampang konduktor instalasi penangkal petir dipilih terutama untuk memenuhi persyaratan kualitas mekanis, yang berarti sudah cukup besar untuk membatasi kenaikan temperatur 1 derajat celcius

4. Efek Mekanis

Apabila arus petir melalui kabel penyalur paralel (konduktor) yang berdekatan atau pada konduktor dengan tekukan yang tajam akan menimbulkan gaya mekanis yang cukup besar, oleh karena itu diperlukan ikatan mekanis yang cukup kuat. Efek mekanis lain ditimbulkan oleh sambaran petir yang disebabkan kenaikan temperatur udara yang tiba-tiba mencapai 30.000 K dan menyebabkan ledakkan pemuatan udara disekitar jalur muatan bergerak. Hal ini dikarenakan jika konduktifitas logam diganti dengan konduktifitas busur api listrik, energi yang timbul akan meningkatkan sekitar ratusan kali dan energi ini dapat menimbulkan kerusakan pada struktur bangunan yang dilindungi

5. Efek Kebakaran Karena Sambaran Langsung

Ada dua penyebab utama kebakaran bahan yang mudah terbakar karena sambaran petir, pertama akibat sambaran langsung pada fasilitas tempat penyimpanan bahan yang mudah terbakar. Bahan yang mudah terbakar ini mungkin terpengaruh langsung oleh efek pemanasan sambaran atau jalur sambaran

petir. Kedua efek sekunder, penyebab utama kebakaran minyak. Terdiri dari muatan terkurung, pulsa elektrostatik dan elektromagnetik dan arus tanah

#### 6. Efek Muatan Terjebak

Muatan statis ini di induksikan oleh badai awan sebagai kebalikan dari proses pemuatan lain. Jika proses netralisasi muatan berakhir dan jalur sambaran sudah netral kembali, muatan terjebak akan tertinggal pada benda yang terisolir dari kontak langsung secara listrik dengan bumi, dan pada bahan bukan konduktor seperti bahan yang mudah terbakar. Bahan bukan konduktor tidak dapat memindahkan muatan dalam waktu singkat ketika terdapat jalur sambaran

## 2.4. Sistem Proteksi Petir

### 2.4.1. Sistem Proteksi Petir Internal

Implementasi konsepsi penangkal petir internal pada dasarnya adalah upaya menghindari terjadinya beda potensial pada semua titik di instalasi atau peralatan yang diproteksi di dalam bangunan [1-5]. Langkah-langkah yang dapat dilakukan merupakan integrasi dari sarana penyama potensial, pemasangan arestor tegangan dan arus, perisai dan filter. Biaya investasi yang diperlukan untuk pengadaan penangkal petir internal adalah sangat besar karena berbagai mekanisme dapat menyebabkan terjadinya beda potensial di dalam peralatan yang diproteksi yang dapat berupa propagasi tegangan lebih melalui saluran telepon, antena, supply daya listrik, pentanahan dan berbagai induksi elektromagnetik. Upaya minimisasi biaya dapat dilakukan dengan langkah pendefinisian Zoning Area proteksi dan terutama dengan upaya mengurangi menjadi sekecil mungkin semua arus atau tegangan impuls petir yang menjalar ke dalam bangunan dan instalasi. Cara ini dilakukan untuk mengurangi resiko kerusakan internal dalam peralatan listrik seperti over voltage dan tegangan induksi yang merugikan bagi peralatan. Pengalaman menunjukkan bahwa dengan upaya maksimal dalam penyempurnaan penangkal petir eksternal dan penerapan perisai akan dapat memperkecil biaya penangkal petir internal. Khusus pengadaan sistem proteksi petir untuk instalasi eksplosif, mudah meledak, terdapat tiga utama yang harus diperhatikan sebagai berikut :

1. Aspek pengaruh luar, yang dalam hal ini adalah aspek kejadian sambaran petir. Upaya pengamanan yang harus dilakukan adalah mencegah terjadinya percikan busur listrik, di dekat atap bangunan, di dalam bangunan yang dilindungi dan di sistem pentanahannya. Cara yang dapat diterapkan adalah pembenaran susunan finial, penyaluran arus petir dan pentanahan dan penghubungannya serta mencegah terjadinya mekanisme "Faraday Hole"
2. Aspek operasional, yang dalam hal ini menyangkut masalah mixture bahan-bahan gas yang sangat menentukan temperatur, tegangan dan energi penyalannya.
3. Aspek Kemampuan Internal, yang dalam hal ini upaya meningkatkan kemampuan internal instalasi, misalnya tanki, yang memiliki ketahanan lebih tinggi dan mampu mengeliminasi akibat yang terjadi jika ternyata ada kegagalan dari upaya dua aspek di atas.

#### **2.4.2. Sistem Proteksi Petir Eksternal**

Sistem Proteksi Petir Eksternal menghindari bahaya langsung suatu sambaran petir pada instalasi-instalasi, peralatan-peralatan yang terpasang di luar gedung/bangunan, di menara dan bagian-bagian luar bangunan. Dalam hal ini termasuk juga perlindungan terhadap manusia yang berada di luar gedung. Sistem Proteksi Petir Eksternal pada dasarnya terdiri dari:

- Terminasi udara (Air Terminal)
- Konduktor penyalur arus petir (Down Conductor)
- Pembumian (Grounding)

##### **2.4.2.1 Terminasi Udara (Air Terminal)**

Terminasi udara adalah bagian sistem proteksi petir eksternal yang dikhususkan untuk menangkap sambaran petir, berupa elektroda logam yang dipasang secara tegak maupun mendatar. Terminai udara merupakan daerah atau zona yang khusus untuk menangkap petir pada radius tertentu. Penangkap petir ditempatkan sedemikian rupa sehingga mampu menangkap semua petir yang menyambar tanpa mengenai bagian gedung, bangunan atau daerah yang dilindungi (zona proteksi ).

#### **2.4.2.2 Konduktor Penyalur Arus Petir (Down Conductor)**

Down Conductor berfungsi sebagai penyalur arus petir yang mengenai Terminasi udara (terminal udara) dan diteruskan ke pembumian/grounding. [2, 5]Pemilihan jumlah dan posisi konduktor penyalur sebaiknya memperhitungkan kenyataan bahwa, jika arus petir dibagi dalam beberapa konduktor penyalur, resiko loncatan kesamping dan gangguan elektro magnetik didalam gedung berkurang. Berdasarkan standar SNI 7015 2014 bahwa setiap down conductor yang terpasang down conductor dipasang pada rute sependek mungkin serta tidak menimbulkan, bahaya side-flash pada manusia / peralatan dan bahaya induksi terutama bagi peralatan sensitif.

Down conductor pada instalasi dengan peralatan sensitif harus dilengkapi dengan alat monitoring jumlah sambaran petir dan alat rekaman besar arus sambaran petir. Down conductor harus didesain agar memiliki resistansi yang kecil agar dapat mengalirkan langsung arus petir ke tanah

Pada Software ATP/EMTP down conductor memiliki rangkaian pengganti yaitu menjadi komponen resistansi dan induktansi. Model dari down conductor umumnya dimodelkan dalam bentuk resistansi dan induktansi yang dihubungkan secara seri. Besarnya dari nilai resistansi pada down conductor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

Sementara untuk menghitung jari-jari penghantar menggunakan persamaan

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

Dimana :

$r$  = jari-jari penghantar (m)

$A$  = luas penampang penghantar (mm<sup>2</sup>)

Untuk menghitung resistor dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Rd = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

Dimana :

$\rho$  = Densitas

$l$  = Panjang penghantar

$A$  = Luas Penampang Penghantar ( $\text{mm}^2$ )

Dan untuk menghitung induktansi dengan menggunakan persamaan :

$$Ld = 0.21 \left[ \ln \left( 2 \times \frac{l}{r} \right) - 1 \right]$$

Dimana :

$l$  = Panjang penghantar (m)

$r$  = jari-jari penghantar (m)

#### **2.4.2.3 Pembedaan (*Grounding*)**

Pentanahan adalah menanam satu/beberapa elektroda kedalam tanah dengan cara tertentu untuk mendapatkan tahanan pembedaan yang diinginkan [4]. Elektroda pembedaan tersebut membuat kontak langsung dengan bumi. Penghantar bumi yang tidak berisolasi yang ditanam dalam bumi dianggap sebagai bagian dari elektroda bumi.

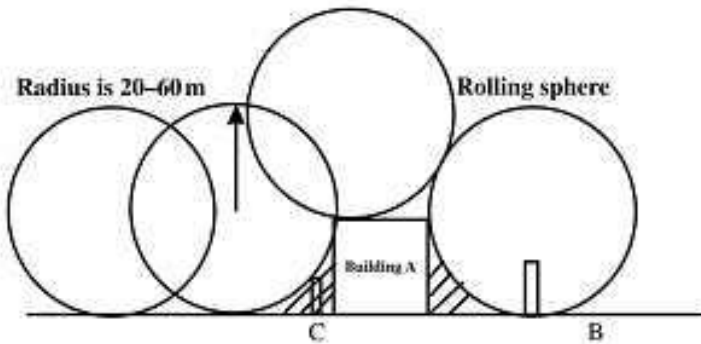
### **2.5. Metode Rolling Sphere**

Metode bola bergulir baik digunakan pada bangunan yang bentuknya rumit [2, 3, 5]. Dengan metode ini seolah-olah ada suatu bola dengan radius R yang bergulir di atas tanah, sekeliling struktur dan di atas struktur ke segala arah hingga bertemu dengan tanah atau struktur

yang berhubungan dengan permukaan bumi yang mampu bekerja sebagai penghantar. Titik sentuh bola bergulir pada struktur adalah titik yang dapat disambar petir dan pada titik tersebut harus diproteksi oleh konduktor terminasi udara. Semua petir yang berjarak  $R$  dari ujung penangkap petir akan mempunyai kesempatan yang sama untuk menyambar bangunan. Besarnya  $R$  berhubungan dengan besar arus petir yang dinyatakan dengan persamaan :

$$R(m) = I^{0.75}$$

Dimana  $R$  adalah jari-jari bola bergulir dalam satuan meter dan  $I$  adalah arus petir dalam satuan kiloampeter. Bila ada arus petir yang lebih kecil dari nilai  $I$  tersebut mengenai bangunan, bangunan masih bisa tahan. Tetapi bila arus petir lebih besar dari arus tersebut, akan ditangkap oleh penangkap petir. Permodelan bola gelinding dapat dilihat pada gambar 2.3 dimana daerah lindungnya adalah pertemuan lingkaran dengan bidang datar yang mengenainya



**Gambar 2.3** Zona Perlindungan pada Metode Rolling Sphere [3]

## 2.6. Metode Zona Proteksi Razevig

Sesuai dengan gambar 2.4 maka akan permodelan matematis zona perlindungannya adalah sebagai berikut :

$$rx = \frac{1.6}{1 + \frac{hx}{ht}} (ht - 1)$$



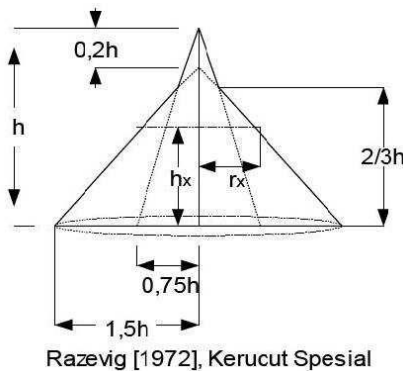
Dimana

$r_x$  :Radius Proteksi

$h_x$  :Tinggi maximum objek yang diproteksi

$h_t$  :Tinggi total Penyalur Petir

Dari persamaan di atas, terlihat bahwa menurut Razevig radius proteksi berubah-ubah mengikuti perubahan tinggi benda yang diproteksi.



Razevig [1972], Kerucut Spesial

**Gambar 2.4** Zona Proteksi Razevig [2]

## 2.7. Metode Collection Volume

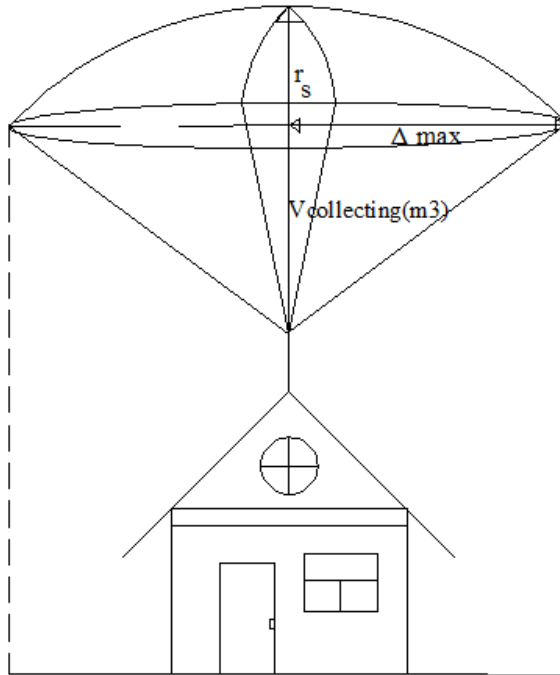
Dasar dari metode ini adalah suatu struktur atau bangunan tertentu hanya akan menangkap sambaran petir (dalam hal ini downward leader) yang memasuki atau berada dalam perkiraan collection volume-nya [4, 5]. Metode ini menggunakan suatu pendekatan ruang electrogeometreic dimana luasan daerah penangkap petir adalah bergantung dari ketinggian bangunan. Parameter untuk mendapatkan collecting volume yaitu jarak sambaran/ $r_s$  (m) dan attractive radius/ $\Delta_{max}$  (m). Jarak sambaran adalah jarak antara ujung lidah petir yang bergerak kebawah (downward leader) bertemu dengan penghubung yang bergerak ke atas (connecting leader). Jarak sambaran dihitung dengan parameter antara sudut datang petir yang berbeda-beda

$\theta_s$  besar arus sambaran yang berbeda dan ketinggian bangunan.  
 Persamaan umum dari jarak sambaran:

$$r_s = (i_0, h, \theta) = 0.8[(h + 15)]^{2/3} \cos \theta + 2.4 i_0^{2/3} \sin \theta$$

$\Delta max$  adalah nilai maksimum lateral displacement. Nilai ini digunakan sebagai attractive radius, yang berguna untuk mengetahui luas wilayah penangkapan dari terminal udara yang terpasang

$$\Delta max = 0.47[(h + 15)i_0]^{2/3}$$



**Gambar 2.5** Metode Collection Volume [2]

Gambar 2.5 menunjukkan ilustrasi metoda collecting volume  $V_{coll}$ , jarak sambaran  $r_s$  dan radius perlindungan ( $\Delta max$ )

*“Halaman ini sengaja dikosongkan “*

### **BAB 3**

## **PROFIL BANGUNAN, HASIL PENGUKURAN DAN SISTEM PENTAHANAN SERTA KARAKTERISTIK PETIR PABRIK NPK FUSSION PT PUPUK SRIWIJAYA PALEMBANG**

### **3.1. Profil NPK Fussion PT Pupuk Sriwijaya**

PT Pupuk Sriwidjaja Palembang (Pusri) adalah perusahaan yang didirikan sebagai pelopor produsen pupuk urea di Indonesia pada tanggal 24 Desember 1959 di Palembang Sumatera Selatan Pusri memulai operasional usaha dengan tujuan utama untuk melaksanakan dan menunjang kebijaksanaan dan program pemerintah di bidang ekonomi dan pembangunan nasional, khususnya di industri pupuk dan kimia lainnya.



**Gambar 3.1** Lokasi NPK Fussion PT PUSRI (Sumber : Google Maps, Mei, 2017)

Salah satu tahap pengembangan PT Pupuk Sriwijaya adalah dengan membangun Pabrik NPK Fussion pada awal tahun 2013. Pabrik ini dibangun dalam langkah upaya PT Pupuk Sriwijaya dalam pengembangan diversifikasi pupuk di Indonesia. Pabrik ini dibuat dengan menggunakan teknologi Steam Fused Granulation dengan kapasitas 100.000 ton perh tahun. Bahan baku pembuatan pupuk adalah

urea hasil produksi Pupuk Sriwijaya, Rock Phosphate dan KCL. Lokasi proyek NPK Fussion terletak di lahan milik PT Pusri Jalan Sutami, tepatnya di daerah kompleks 2B. Area yang dipakai adalah termasuk area untuk pengembangan selanjutnya. Pembangunan Pabrik NPK Fussion selesai dilaksanakan pada November 2015 dengan total luas lahan adalah 8000m<sup>2</sup> dan telah beroperasi mulai Februari 2016 dengan kapasitas 100.000 ton per tahun. Pabrik NPK berkapasitas 100.000 ton pertahun ini akan dibangun diatas tanah seluas 4 Ha.

Seperti yang terlihat pada gambar 3.2 bahwa Raw Material berada pada bagian paling bawah dan menjadi satu wilayah dengan Process Plant Area. Sedangkan Storage Area berada pada daerah atas gambar yang terpisah dari kedua bangunan sebelumnya. Dari gambar 3.2 kita mengetahui bahwa jenis atap yang digunakan adalah single roof top dimana elektrode rod diletakkan pada ujung bagian tertinggi dari atap bangunan



**Gambar 3.2** Bangunan Pabrik NPK Fussion PT Pupuk Sriwijaya  
(Sumber : Satelit Google, Mei, 2017)

Pabrik NPK Fussion memiliki tiga area utama yaitu :

1. Raw Material Area
2. Process Area
3. Product Storage Area

### 3.2. Parameter Petir

Sambaran petir memiliki efek langsung dan tidak langsung terhadap bangunan. Beberapa jenis sambaran langsung bahkan dapat menyebabkan korban jiwa. Oleh karena itu diperlukan suatu system perlindungan petir yang berfungsi untuk menangkap langsung petir dan mengarahkan ke tanah. Dengan demikian maka efek dan resiko petir dapat diminimalisir. Terdapat beberapa parameter dan karakteristik petir yang menjadi pertimbangan dalam penentuan system proteksi petir eksternal.

#### 3.2.1. Nilai Puncak Arus Petir

Nilai *pick-up* atau nilai puncak arus petir yang dipilih bergantung dari tingkat proteksi bangunan yang ditentukan. Arus puncak menurut Hileman adalah arus puncak dan sambaran balik. Arus puncak dibagi menjadi dua kategori berdasarkan polaritasnya yaitu negative dan positive. Arus puncak juga dibedakan berdasarkan sambaran yaitu sambaran pertama (*first stroke*) dan sambaran susulan (*subsequent stroke*). Besarnya nilai sambaran menentukan besarnya tegangan jatuh pada tahanan pentanahan yang besarnya adalah 10 KV-100 KV. Berikut merupakan nilai arus puncak berdasarkan tingkat proteksinya berdasarkan SNI 03-7015-2004 yang ditampilkan table 3.1

**Tabel 3.1** Nilai Puncak Arus Petir Berdasarkan Tingkat Proteksi

Tingkat proteksi	Arus puncak (KA)
I	200
II	150
III	100
IV	100

### 3.2.2. Muatan Arus

Muatan arus adalah daerah luasan terpaan petir atau integral arus satuan waktu. Akibat dari muatan arus ini adalah terjadinya peluahan pada objek yang tersambar petir. Muatan total adalah integral waktu arus petir untuk selama seluruh durasi sambaran petir. Muatan listrik juga menentukan titik sambaran pada suatu batang electrode. Berdasarkan SNI 03-7015-2003, muatan listrik ditentukan berdasarkan tingkat proteksi sambaran petir yang ditampilkan table 3.2

**Tabel 3.2** Muatan Listrik Berdasarkan Tingkat Proteksi (SNI 03-7015-2004)

Tingkat proteksi	Muatan Listrik Total (C)	Muatan impuls (C)
I	300	100
II	225	75
III	150	50
IV	150	50

**Tabel 3.3** Kecuraman Arus Berdasarkan Tingkat Proteksi (SNI 03-7015-2004)

Tingkat proteksi	Kecuraman rata-rata ( $di/dt_{30/90\%}$ ) (kA/us)
I	200
II	150
III	100
IV	100

### 3.2.3. Kecuraman Arus

Kecuraman arus merupakan laju dari perubahan arus dalam satuan waktu. Pendekatan yang dilakukan adalah dengan perbandingan arus puncak pada rentang waktu sambaran petir. Pendekatan yang dilakukan dengan menghitung perubahan laju petir pada saat 30-90%

arus puncaknya Berdasarkan SNI 03-7015-2003, kecuraman arus ditentukan berdasarkan tingkat proteksi sambaran petir yang ditampilkan table 3.3

### **3.3. Efek Petir terhadap Bangunan**

Sambaran petir yang langsung mengenai struktur bangunan rumah, kantor dan gedung sangat membahayakan bangunan tersebut beserta seluruh isinya karena dapat menimbulkan kebakaran, kerusakan perangkat elektrik/elektronik atau bahkan korban jiwa. Maka dari itu setiap bangunan diwajibkan memasang instalasi penangkal petir. Cara penanganannya adalah dengan cara memasang terminal penerima sambaran petir serta instalasi pendukung lainnya yang sesuai dengan standart yang telah di tentukan. Terlebih lagi jika sambaran petir langsung mengenai manusia, maka dapat berakibat luka atau cacat bahkan dapat menimbulkan kematian. Banyak sekali peristiwa sambaran petir langsung yang mengenai manusia dan biasanya terjadi di areal terbuka. Efek sambaran petir terhadap bangunan akan membahayakan manusia yang berada di dalamnya maupun peralatan dan instalasi yang ada di dalamnya.

Efek dari sambaran petir langsung pada bangunan dapat menyebabkan kerusakan parah akibat dari parameter petir berupa impuls, dan peluahan, Sedangkan arus petir yang langsung menyambar bangunan dapat menyebabkan beberapa hal :

1. Memicu percikan api yang dapat menyebabkan terjadinya kebakaran
2. Pada ujung yang mengalami peluahan akan terjadi kerusakan fisik akibat pemanasan berlebih
3. Timbul tegangan lebih pada setiap sela dari bangunan

Area bangunan pada NPK Fussion dilapisi dengan logam untuk menjaga agar proses dapat berjalan lancar. Ketebalan dari plat logam yang digunakan adalah  $7 \text{ mm}^2$ . Sedangkan ketebalan minimum berada pada *raw plant material* area dengan ketebalan  $6 \text{ mm}^2$ . Dengan nilai tersebut maka diketahui nilai muatan dari bangunan dengan rumus sebagai berikut :



$$S = 2 \times \ln \frac{Q}{6}$$

$$6 = 2 \times \ln \frac{Q}{6}$$

$$e^3 = \frac{Q}{6}$$

$$Q = 120.513 \text{ As}$$

Dengan muatan petir sebesar 120.513 As , maka arus minimal yang mengalir untuk menembus plat dengan waktu 50  $\mu\text{s}$  (waktu ekor arus petir ideal) adalah ;

$$Q = I \times t$$

$$I = \frac{Q}{t}$$

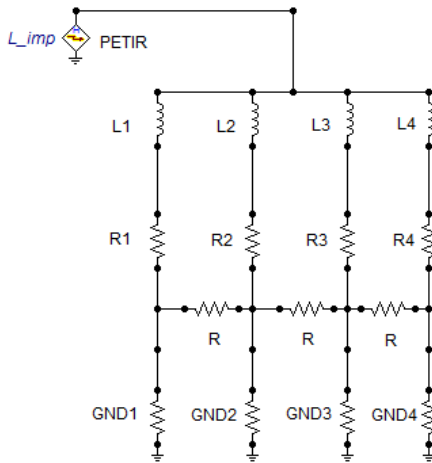
$$I = \frac{120.513}{50 \times 10^{-6}}$$

$$I = 2410.26 \text{ kA}$$

Jadi dengan arus puncak positif sebesar 100 KA tidak akan mampu untuk melubangi dinding dari bangunan ini. Hanya saja nilai petir bersifat probabilitas kumulatif sehingga tidak dapat diprediksi. Dan bahaya yang paling umum dari efek sambaran petir ini adalah sambaran induksi yang akan mengakibatkan sejumlah peralatan rusak maupun gagal bekerja.

### 3.4. Permodelan Instalasi dan SPE

Gambar 3.3 menunjukkan permodelan instalasi SPE pada tiap-tiap gedung pabrik NPK Fussion. Hal ini ditujukan untuk melihat tegangan jatuh yang terjadi pada masing-masing komponen dan untuk menganalisa bagaimana system SPE ini bekerja dalam mentanahkan gelombang petir. Untuk penjelasan dan analisa masing-masing komponen berada pada bab selanjutnya.



**Gambar 3.3** Permodelan SPE pada ATP/EMTP

#### 3.4.1. Permodelan Petir

Model dari arus petir yang digunakan adalah tipe Heidler. Besar dari arus puncak petir adalah 100 KA, dengan muatan total 150 C yang mengacu pada standar petir tertinggi Indonesia dengan waktu 1.2/50  $\mu$ s seperti yang terlihat pada gambar 3.4

### 3.5. Kondisi Existing Proteksi Petir Eksternal pada Pabrik NPK Fussion

Pada subbab ini akan dibahas mengenai system proteksi yang telah ada pada pabrik NPK Fussion. Sistem Proteksi petir ini menggunakan metode bola bergulir. Sistem Proteksi ini dibagi menjadi tiga bagian yaitu, terminasi udara, *down conductor*, dan *grounding*.

#### 3.5.1. Terminasi Udara

Terminasi udara pada pabrik NPK Fussion menggunakan metode bola bergulir dimana jarak horizontal antar konduktor penyulang dirumuskan sebagai berikut :

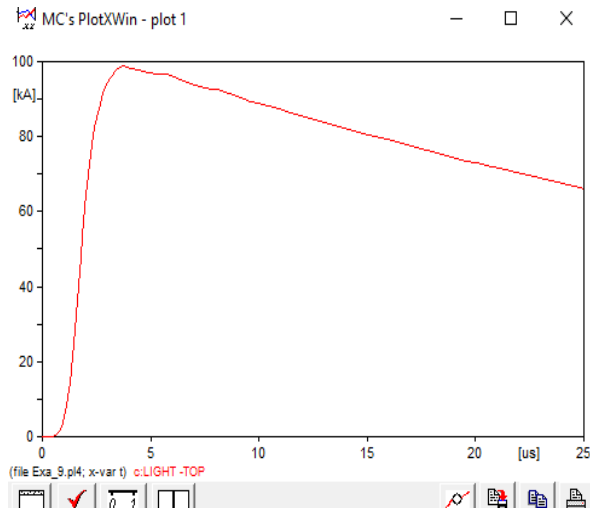
$$d = \sqrt{h_1(300 - h_1)} - \sqrt{h_2(300 - h_2)}$$

Dimana :

d : jarak horizontal (m)

$h_1$  : jarak dari atap tertinggi (m)

$h_2$  : jarak dari atap terendah (m)



**Gambar 3.4** Permodelan Arus Petir Heidler

### 3.5.1.1 Terminasi Udara pada Raw Material Area

Height (  $h_1$  ) : 22 meter

Height (  $h_2$  ) : 0 meter ( Single roof )

Length : 114 meter

Perhitungan :

$$d = \sqrt{h_1(300 - h_1)} - \sqrt{h_2(300 - h_2)}$$

$$d = \sqrt{22(300 - 22)} - \sqrt{0(300 - 0)}$$

$$d = 38.935 \text{ m}$$

Dimana :

d : jarak horizontal (m)

h<sub>1</sub> : jarak dari atap tertinggi (m)

h<sub>2</sub> : jarak dari atap terendah (m)

Dari hasil perhitungan diperoleh jarak horizontal batang antar electrode rod adalah 38.95 meter

### **3.5.1.2 Terminasi Udara pada Process Area**

Height ( h1 ) : 22 meter

Height ( h2 ) : 0 meter ( Single roof )

Length : 72 meter

Perhitungan :

$$d = \sqrt{h_1(300 - h_1)} - \sqrt{h_2(300 - h_2)}$$

$$d = \sqrt{22(300 - 22)} - \sqrt{0(300 - 0)}$$

$$d = 38.935 \text{ m}$$

Dimana :

d : jarak horizontal (m)

h<sub>1</sub> : jarak dari atap tertinggi (m)

h<sub>2</sub> : jarak dari atap terendah (m)

### 3.5.1.3 Terminasi Udara pada Storage Area

Height ( h1 ) : 16 meter

Height ( h2 ) : 0 meter ( Single roof )

Length : 72 meter

Perhitungan :

$$d = \sqrt{h_1(300 - h_1)} - \sqrt{h_2(300 - h_2)}$$

$$d = \sqrt{16(300 - 16)} - \sqrt{0(300 - 0)}$$

$$d = 34.62 \text{ m}$$

Dimana :

d : jarak horizontal (m)

h<sub>1</sub> : jarak dari atap tertinggi (m)

h<sub>2</sub> : jarak dari atap terendah (m)

### 3.5.2. Hasil Perhitungan Terminasi Udara Pabrik NPK Fussion

Pada Tabel di bawah ini merupakan hasil perhitungan total terminasi udara pada pabrik NPK Fussion :

**Tabel 3.4** Perhitungan Terminasi Udara pada Bangunan NPK Fussion

No	Building	H <sub>1</sub> (m)	H <sub>2</sub> (m)	Length (m)	d (m)
1	Raw Material Area	22	0	114	38.93

**Tabel 3.4** Lanjutan Perhitungan Terminasi Udara pada Bangunan NPK Fussion

No	Building	H <sub>1</sub> (m)	H <sub>2</sub> (m)	Length (m)	d (m)
2	Process Area	22	0	72	38.93
3	Storage Area	16	0	72	34.62

### 3.6. Down Conductor

*Down Conductor* berfungsi sebagai penyalur arus petir yang mengenai Terminasi udara (terminal udara) dan diteruskan ke pembumian/grounding. Pemilihan jumlah dan posisi konduktor penyalur sebaiknya memperhitungkan kenyataan bahwa, jika arus petir dibagi dalam beberapa konduktor penyalur, resiko loncatan kesamping dan gangguan elektro magnetik didalam gedung berkurang. Berdasarkan standar SNI 7015 2014 bahwa setiap down conductor yang terpasang down conductor dipasang pada rute sependek mungkin serta tidak menimbulkan, bahaya side-flash pada manusia / peralatan dan bahaya induksi terutama bagi peralatan sensitif.

*Down conductor* pada instalasi dengan peralatan sensitif harus dilengkapi dengan alat monitoring jumlah sambaran petir dan alat rekaman besar arus sambaran petir.

*Down Conductor* minimal adalah dua untuk panjang bangunan kurang dari atau sama dengan 75 meter. Dan tambahan satu *down conductor* untuk panjang 30 meter.

$$n = L/30$$

Dimana

$n$  : Banyaknya *down conductor*

$L$  : Panjang Bangunan (m)

### **3.6.1. *Down Conductor* pada Raw Material Area**

Data Bangunan pada Raw Material Area :

Height (  $h_1$  ) : 22 meter

Height (  $h_2$  ) : 0 meter ( Single roof )

Length : 114 meter

Perhitungan :

$$n = L/30$$

$$n = 114/30$$

$$n = 3.8$$

$$n \sim 4$$

Dimana

$n$  : Banyaknya *down conductor*

$L$  : Panjang Bangunan (m)

Maka *down conductor* minimal yang diperlukan adalah : 4 points

### **3.6.2. *Down Conductor* pada Process Area**

Height (  $h_1$  ) : 22 meter

Height (  $h_2$  ) : 0 meter ( Single roof )

Length : 72meter

Perhitungan :

$$n = L/30$$

$$n = 72/30$$

$$n = 2.4$$

$$n \sim 2$$

Dimana

n : Banyaknya *down conductor*

L : Panjang Bangunan (m)

Maka down conductor minimal yang diperlukan adalah : 2 points

### **3.6.3. *Down Conductor* pada Storage Area**

Height (  $h_1$  ) : 16 meter

Height (  $h_2$  ) ; 0 meter ( Single roof )

Length : 54meter

Perhitungan :

$$n = L/30$$

$$n = 72/30$$

$$n = 2.4$$

$$n \sim 2$$

Dimana

n : Banyaknya *down conductor*



L : Panjang Bangunan (m)

Maka down conductor minimal yang diperlukan adalah : 2 points

### 3.7. Hasil Desain Sistem Proteksi Petir pada Pabrik NPK Fussion.

Berikut merupakan hasil desain dan perhitungan system Proteksi Petir pada pabrik NPK Fussion yang ditampilkan dalam tabel 3.5

**Tabel 3.5** Hasil Desain Sistem Proteksi Petir pada Pabrik NPK Fussion.

No	Bangunan	Jumlah dari <i>air terminal</i> (m)	Jarak maksimum antar elektrode	<i>Down Conductor</i> minimum
1	Raw Material Area	7	30	4
2	Process Area	4	30	2
3	Storage Area	5	30	2

### 3.8. Grounding

Pentanahan adalah menanam satu/beberapa elektroda kedalam tanah dengan cara tertentu untuk mendapatkan tahanan pembumian yang diinginkan. Elektroda pembumian tersebut membuat kontak langsung dengan bumi. Penghantar bumi yang tidak berisolasi yang ditanam dalam bumi dianggap sebagai bagian dari elektroda bumi.

Pentanahan suatu area dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{\alpha} - 1 \right) \times \frac{1.16}{2}$$

Perhitungan resistansi untuk lebih dari satu resistansi secara paralel :

$$R_n = \frac{R}{n} \times F$$

Dimana

$R$	: Resistansi dari satu tiang penyulang ( $\Omega$ )
$\rho$	: Resistansi tanah ( $\Omega \cdot m$ )
$L$	: Panjang Tiang Penyulang (m)
$\alpha$	: Radius dari tiang penyulang (m)
$R_n$	: Resistansi parallel sebanyak $n$ ( $\Omega$ )
$n$	: Banyaknya resistansi terhubung secara parallel
$F$	: Faktor Pengali

### **3.8.1. Soil Test Resistivity**

Tes ini bertujuan untuk mengukur resistansi tanah pada beberapa titik area dimana bangunan tersebut akan dibangun. Berikut adalah hasil pengukuran resistansi tanah di beberapa titik area pabrik NPK Fussion PT PUPUK SRIWIJAYA yang ditampilkan pada gambar 3.5. Seperti yang telah diketahui bahwa panjang electrode pembedaan adalah 3 meter sehingga tes resistansi pembedaan ada pada kedalaman sekitar 3 meter dimana pada Raw Material Area bernilai 8.39 Nm, dan Process Area bernilai 10.10 Nm, serta Storage Area bernilai 10.39 Nm. Tujuan dari tes ini adalah untuk mengetahui nilai pentanahan dari sebuah grounding system dan mengetahui tahanan tanah yang akan digunakan dalam perhitungan grounding electrode rod. Semakin dalam pengukuran pentanahan maka semakin kecil juga tahanan tanah dan sebaliknya semakin dangkal pengeboran tanah maka semakin besar tahanan tanah yang didapatkan. Untuk mendapatkan tahanan tanah yang rendah maka electrode grounding harus ditanam pada kedalaman yang sesuai.

### **3.8.2. Pentanahan pada Raw Material Area**

Berdasarkan persamaan diatas maka dapat dihitung hasil resistansi pada electrode pembedaan seperti yang terlihat pada tabel 3.6

**Tabel 3.6** Data *Grounding Calculation* Raw Material Area

No	Parameter	Raw Material Area
1	Resistance value (max)	5
2	Length of grounding electrode (L)	3
3	Radius of grounding electrode (a)	0.009
4	Soil resistivity ( $\Omega$ .m)	10.1
5	Number of grounding electrode (n)	4
6	Multiplier factor (F)	1
7	Coefficient ( $\alpha$ )	3.14
8	Resistivity Result ( $\Omega$ )	2.237074

Perhitungan :  
Untuk satu titik pentanahan elektrode

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right) \times \frac{1.16}{2}$$

$$R = \frac{10.10}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} \left( \ln \frac{4 \cdot 3}{0.009} - 1 \right) \times \frac{1.16}{2}$$

$$R = \frac{10.10}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} (\ln 477.77 - 1) \times \frac{1.16}{2}$$

$$R = \frac{10.10}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} (6.169) \times \frac{1.16}{2}$$

$$R = 2.23704 \Omega$$

Resistansi dari electrode parallel

$$R_n = \frac{R}{n} \times F$$

$$R_n = \frac{2.23704}{n} \times F$$

$$R_n = 2.23704 \, \Omega$$

### RESISTIVITY TEST RESULT

**LEGEND**  
Sounding Point : RS-1  
Electrode Configuration : Wenner  
RMS (Root Mean Square) : 3.0121 %

Model Parameters		
Layer	Depth	Resistivity
1	0.00	17.23
2	3.61	8.37
3	6.63	3.77
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		

**LEGEND**  
Sounding Point : RS-2  
Electrode Configuration : Wenner  
RMS (Root Mean Square) : 2.7765 %

Model Parameters		
Layer	Depth	Resistivity
1	0.00	23.87
2	1.12	62.09
3	2.34	10.10
4	14.62	1.14
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		

**LEGEND**  
Sounding Point : RS-3  
Electrode Configuration : Wenner  
RMS (Root Mean Square) : 4.1018 %

Model Parameters		
Layer	Depth	Resistivity
1	0.00	158.34
2	0.49	32.35
3	0.31	14.24
4	5.60	5.30
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		

**LEGEND**  
Sounding Point : RS-4  
Electrode Configuration : Wenner  
RMS (Root Mean Square) : 3.0344 %

Model Parameters		
Layer	Depth	Resistivity
1	0.00	28.59
2	1.75	10.39
3	9.12	4.43
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		

**Gambar 3.5** Soil Test Resistivity Result NPK Fussion Area

### 3.8.3. Pentanahan pada *Process Area*

Berdasarkan persamaan diatas maka dapat dihitung hasil resistansi pada electrode pembedaan seperti yang terlihat pada tabel 3.7

**Tabel 3.7** Data Grounding Calculation Process Area

No	Parameter	Process Area
1	Resistance value (max)	5
2	Length of grounding electrode (L)	3
3	Radius of grounding electrode (a)	0.009
4	Soil resistivity ( $\Omega$ .m)	8.37

**Tabel 3.8** Lanjutan Data Grounding Calculation Process Area

No	Parameter	Process Area
5	Number of grounding electrode (n)	4
6	Multipler factor (F)	1
7	Coefficient ( $\alpha$ )	3.14
8	Resistivity Result ( $\Omega$ )	1.853892136

Perhitungan :

Untuk satu titik pentanahan elektrode

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{\alpha} - 1 \right) \times \frac{1.16}{2}$$

$$R = \frac{8.37}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} \left( \ln \frac{4 \cdot 3}{0.009} - 1 \right) \times \frac{1.16}{2}$$

$$R = \frac{8.37}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} (\ln 477.77 - 1) \times \frac{1.16}{2}$$

$$R = \frac{8.37}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} (6.169) \times \frac{1.16}{2}$$

$$R = 1.853892 \Omega$$

Resistansi dari electrode parallel

$$R_n = \frac{R}{n} \times F$$

$$R_n = \frac{1.853892}{4} \times 1$$

$$R_n = 0.46345 \Omega$$

Dari hasil tersebut terlihat bahwa dengan satu titik pentanahan electrode maka memiliki resistansi  $1.853892 \Omega$  dengan empat titik pentanahan maka didapatkan nilai resistansi  $0.46345 \Omega$

### 3.8.4. Pentanahan pada Storage Area

Berdasarkan persamaan diatas maka dapat dihitung hasil resistansi pada electrode pbumian seperti yang terlihat pada tabel 3.8

**Tabel 3.9** Data Grounding Calculation Storage Area

No	Parameter	Storage Area
1	Resistance value (max)	5
2	Length of grounding electrode (L)	3
3	Radius of grounding electrode (a)	0.009
4	Soil resistivity (Ω.m)	10.39
5	Number of grounding electrode (n)	4
6	Multipler factor (F)	1
7	Coefficient (α)	3.14
8	Resistivity Result (Ω)	2.289904

Perhitungan :

Untuk satu titik pentanahan elektrode

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{\alpha} - 1 \right) \times \frac{1.16}{2}$$

$$R = \frac{10.39}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} \left( \ln \frac{4 \cdot 3}{0.009} - 1 \right) \times \frac{1.16}{2}$$

$$R = \frac{10.39}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} (\ln 477.77 - 1) \times \frac{1.16}{2}$$

$$R = \frac{10.39}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} (6.169) \times \frac{1.16}{2}$$

$$R = 2.289904\Omega$$

Resistansi dari electrode parallel (empat titik pentanahan)

$$R_n = \frac{R}{n} \times F$$

$$R_n = \frac{2.289904}{4} \times 1$$

$$R_n = 0.57225 \, \Omega$$

### 3.9. Peralatan pada Bangunan NPK Fussion

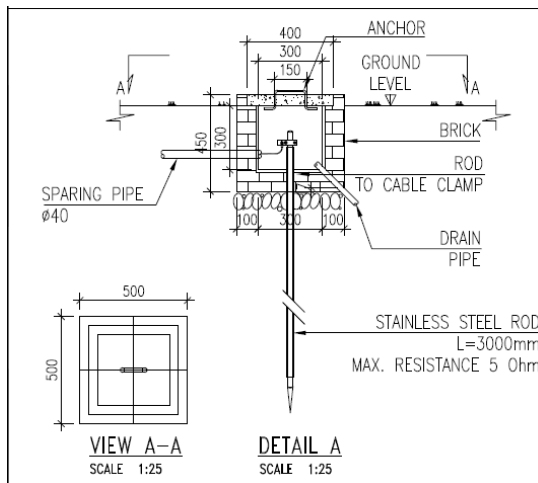
Ukuran peralatan menentukan jenis pentanahan yang akan diterapkan. Peralatan yang terdapat pada bangunan NPK Fussion tampak pada tabel 3.9:

**Tabel 3.10** Jenis dan Ukuran Peralatan pada Pabrik NPK Fussion

No	EQUIPMENT		SIZE
1	Transformer and generator frame		50 mm <sup>2</sup>
2	Grounding busbar for switchgear and MCC		50 mm <sup>2</sup>
3	Other electrical panels		35 mm <sup>2</sup>
4	Lightning panel board frame		35 mm <sup>2</sup>
5	Welding outlet frame		35 mm <sup>2</sup>
6	Motor frame		35 mm <sup>2</sup>
7	Local Control Standard		16 mm <sup>2</sup>
8	Neutral Grounding	For solid grounding	150 mm <sup>2</sup>
9		For low resistance	36 mm <sup>2</sup>
10	Static electricity		35 mm <sup>2</sup>
11	Bonding wire		16 mm <sup>2</sup>
12	Fence		16 mm <sup>2</sup>
13	Other equipment		35 mm <sup>2</sup>
14	Lightning protection (bare copper)		95 mm <sup>2</sup>

### 3.10. Elektrode Pentanahan

Elektode pentanahan pada pabrik NPK Fusiion menggunakan electrode batang (*rod*). Elektroda batang yaitu elektroda dari pipa atau besi baja profil yang dipancangkan ke dalam tanah. Elektroda ini merupakan elektroda yang pertama kali digunakan dan teori-teori berawal dari elektroda jenis ini. Elektroda ini banyak digunakan pada gardu induk. Secara teknis, elektroda jenis ini mudah pemasangannya dan tidak memerlukan lahan yang luas. Elektroda batang biasanya ditanam dengan kedalaman yang cukup dalam. Elektrode pentanahan yang telah dipasang dapat dilihat di gambar 3.6 dan gambar 3.7

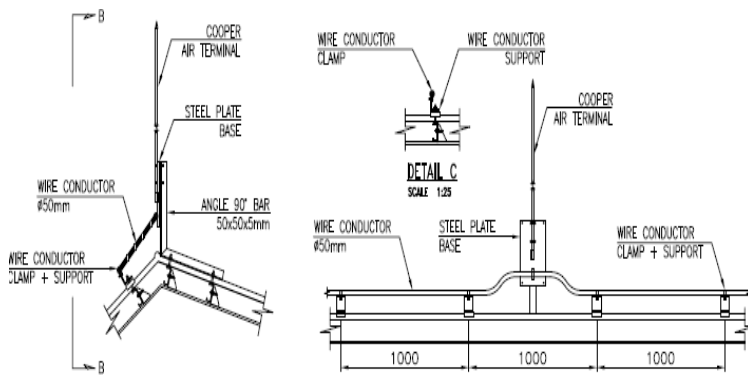


**Gambar 3.6** Layout Elektrode Penangkap Petir (Side View)

Elektrode batang yang digunakan menggunakan spesifikasi sebagai berikut :

- Length : 3 meter
- Material : Stainless Steel
- Diameter : 18 mm (3/4 inch)





**Gambar 3.7** Layout Elektrode Batang (Front View)

## BAB 4

### ANALISA PENYEMPURNAAN PROTEKSI PETIR

Arus puncak petir yang dipakai adalah hasil perhitungan jarak sambar dan standar yang digunakan berdasarkan standar arus dari perhitungan. Berdasarkan tingkat proteksi maka dipilih arus puncak 100 KA sehingga jarak sambar (striking distance) adalah

$$r_s = 6.7I^{0.8}$$

$$r_s = 6.7 \cdot 100^{0.8}$$

$$r_s = 266.73 \text{ kA}$$

Dimana

$r_s$  : jarak sambar (m)

$I$  : Arus puncak (kA)

#### 4.1. Penentuan Tingkat Proteksi pada Bangunan Gedung

Tujuan dari penentuan tingkat proteksi adalah untuk mengurangi resiko kerusakan, di bawah tingkat toleransi maksimum, oleh sambaran petir langsung ke bangunan gedung atau ke ruang yang akan diproteksi.

Pemilihan tingkat proteksi yang sesuai dengan SNI 03-7015-2004 harus berdasarkan frekuensi sambaran petir langsung setempat ( $N_d$ ) yang diperkirakan ke bangunan gedung yang diproteksi dan frekuensi sambaran petir tahunan setempat yang dibolehkan  $N_c$ .

##### 4.1.1. Penentuan Hari Guruh (Iso Kraunik Level)

Hari guruh adalah banyaknya hari dimana terdengar guntur paling sedikit satu kali dalam jarak kira-kira 15 km dari stasiun pengamatan. Hari guruh biasa disebut juga hari badai guntur (thunderstormdays), Isokeraunik Level adalah jumlah hari guruh dalam satu tahun di suatu wilayah yaitu garis pada peta yang menghubungkan

daerah-daerah dengan rata-rata jumlah hari guruh yang sama. Di Indonesia yang berada di wilayah khatulistiwa mempunyai kondisi iklim tropis yang lembab dan wilayah perairan yang sangat luas sehingga banyak sekali terjadi pembentukan awan bermuatan sangat tinggi. Hal ini memungkinkan terjadinya banyak sambaran petir setiap tahunnya, khususnya di daerah-daerah tertentu. Parameter dan karakteristik gelombang surja petir terdiri atas besar arus dan tegangan sambaran petir, kecepatan pembangkitan serta bentuk gelombang petir tersebut. Parameter penentuan Hari Guruh terdapat pada Tabel berikut :

**Tabel 4.1** Data Hari Guruh Wilayah Sumatera (SNI 7015-2004)

No	Lokasi	Hari Guruh Rata-rata per tahun	IKL	Tingkat Kerawanan Petir
1	Banda Aceh	55	15.12	Rendah
2	Batam	131	35.94	Sedang
3	Belawan	246	67.36	Tinggi
4	Dabo Singkep	107	29.32	Sedang
5	Dumai	218	59.75	Tinggi
6	Gunung Sitoli	112	30.68	Sedang
7	Jambi	76	20.74	Rendah
8	Lokseumawe	201	55.07	Tinggi
9	Medan	224	61.34	Tinggi
10	Meulaboh	178	45.77	Sedang
11	Padang Panjang	122	33.47	Sedang
12	Palembang	156	42.67	Sedang
13	Pang Brandan	214	58.6	Tinggi
14	Pangkal Pinang	118	32.33	Sedang
15	Riau	217	59.33	Tinggi
16	Sibolga	158	43.29	Tinggi
17	Subang	31	8.55	Rendah
18	Tarempa	74	20.27	Rendah
19	Tj. Karang	112	30.68	Sedang
20	Tj. Pandan	46	12.6	Rendah
21	Tj. Pinang	148	40.61	Sedang
22	Tuntu Medan	204	55.89	Tinggi

Terlihat dari tabel 4.1 Palembang memiliki IKL sebesar 42.67 dengan tingkat kerawanan sedang. Palembang mempunyai kondisi iklim tropis yang lembab dan wilayah perairan yang sangat luas sehingga

banyak sekali terjadi pembentukan awan bermuatan sangat tinggi. Hal ini memungkinkan terjadinya banyak sambaran petir setiap tahunnya.

#### **4.1.2. Penentuan Densitas Sambaran Petir ke Tanah**

Kerapatan sambaran petir ke tanah (*ground flash density*) adalah jumlah sambaran petir ke tanah yang terjadi dalam satu tahun pada daerah yang luasnya dalam satuan km<sup>2</sup>. Untuk wilayah Indonesia, penentuan kerapatan sambaran petir ke tanah dapat dihitung dengan persamaan

$$Ng = 0.15 \cdot IKL$$

Dimana IKL adalah jumlah hari guruh dalam satu tahun di suatu wilayah (hari guruh / tahun)

Perhitungan :

$$Ng = 0.15 \cdot IKL$$

$$Ng = 0.15 \cdot 42.67$$

$$Ng = 6.4005 \text{ hari guruh/tahun}$$

#### **4.1.3. Penentuan Frekuensi Sambara Petir Langsung (Nd) yang Diperkirakan pada Bangunan Gedung**

Frekuensi rata-rata tahunan sambaran petir langsung Nd ke bangunan gedung dapat dihitung dari :

$$Nd = Ng \cdot Ae \cdot 10^{-6}$$

Dimana :

Ng : densitas sambaran ke tanah rata-rata tahunan, sambaran petir per kilometer persegi per tahun, dalam daerah di tempat bangunan gedung berada

Ae : Area cakupan ekivalen dari bangunan gedung (m<sup>2</sup>)

Perhitungan :

$$Nd = Ng \cdot Ae \cdot 10^{-6}$$

$$Nd = 6.4005 \cdot 840 \cdot 10^{-6}$$

$$Nd = 5.372 \times 10^{-3} \text{ per tahun}$$

#### 4.1.4. Penentuan Nilai Efisiensi

Pada tahap ini akan diperkirakan bahwa suatu bangunan memerlukan system proteksi atau tidak. Jika  $N_d < N_c$ , maka proteksi bangunan tidak begitu diperlukan. Jika  $N_d > N_c$ , maka proteksi bangunan diperlukan dengan menghitung nilai efisiensi. Nilai  $N_c$  untuk bangunan NPK Fusiion adalah  $5 \times 10^{-4}$ . Efisiensi dapat dihitung dengan persamaan

$$E = 1 - \frac{N_c}{N_d}$$

Dimana

$N_c$  : Frekuensi sambaran petir yang diperbolehkan pada bangunan gedung

$N_d$  : Frekuensi sambaran petir langsung yang diperkirakan pada bangunan gedung

Perhitungan :

$$N_d > N_c$$

$$5.372 \times 10^{-3} > 5 \times 10^{-4}$$

= *Proteksi diperlukan*

Menghitung nilai efisiensi :

- $$E = 1 - \frac{N_c}{N_d}$$

- $E = 1 - \frac{5 \times 10^{-4}}{5.372 \times 10^{-3}}$
- $E = 0.9070013131$

#### 4.1.5. Penentuan Kelas Proteksi

Penentuan kelas proteksi digunakan untuk menentukan kategori besaran yang sesuai dalam desain sistem proteksi petri eksternal. Penentuan kelas proteksi berdasarkan nilai efisiensi dari sistem proteksi petir. Berdasarkan SNI 013-7150-2004, maka penggolongan tingkat proteksi berdasarkan efisiensinya adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.2** Penentuan Tingkat Proteksi Berdasarkan Efisiensi SPP

Tingkat Proteksi	Efisiensi SPP
I	0.98
II	0.95
III	0.90
IV	0.80

Berdasarkan Tabel 4.2 maka nilai  $E = 0.9070013131$  masuk ke dalam kategori tingkat proteksi kelas III dengan parameter petir sebagai berikut :

**Tabel 4.3** Parameter Petir Berdasarkan Tingkat Proteksi

Parameter		Tingkat Proteksi		
		I	II	III-IV
Nilai Arus Puncak	I (kA)	200	150	100
Muatan Total	$Q_{total}$ (C)	300	225	150
Muatan Impuls	$Q_{impuls}$ (C)	100	75	50
Energi Spesifik	W/R (kJ/Ω)	10000	5600	2500
Kecuraman rata-rata	di/dt 30/90% (kA/μs)	200	150	100

Berdasarkan tabel 4.3, maka system proteksi petir yang digunakan adalah kategori tiga dengan nilai arus puncak adalah 100kA dengan muatan total 150 C.

## 4.2. Perhitungan Air Termination

Terminasi udara yang diterapkan pada system proteksi ini adalah dengan metode *rolling sphere* atau bola bergulir dimanasudut yang terbentuk antara bidang datar dan jarak horizontalnya merupakan daerah perlindungannya. Persamaan yang digunakan untuk mencari sudut lindungnya adalah

$$\alpha^o = \sin^{-1}(1 - \frac{h}{r})$$

Dimana :

$\alpha$  : Sudut proteksi yang terbentuk antar dua bidang

h : Tinggi Bangunan

r : Jari-jari bola gelinding

### 4.2.1. Terminasi Udara pada Raw Material Area

Berdasarkan persamaan diatas maka dapat dihitung jarak horizontal terminasi udara sebagai berikut :

Height (  $h_1$  ) : 22 meter

Height (  $h_2$  ) ; 0 meter ( Single roof )

Length : 114 meter

Panjang Rod : 3 meter

Perhitungan :

$$r_s = 6.7I^{0.8}$$

$$r_s = 6.7 \cdot 100^{0.8}$$

$$r_s = 266.73 \text{ kA}$$

Menghitung sudut proteksi yang dihasilkan

$$\alpha^o = \sin^{-1}(1 - \frac{h}{r})$$

$$\alpha^o = \sin^{-1}(1 - \frac{25}{266.73})$$

$$\alpha^o = \sin^{-1}(1 - 0.09372)$$

$$\alpha^o = \sin^{-1}(0.9062)$$

$$\alpha^o = 64.9951^o$$

Menghitung jarak lindung horizontal

$$\tan \alpha^o = \frac{x}{h}$$

$$x = \tan \alpha^o \cdot h$$

$$x = \tan 64.9951^o \cdot 25$$

$$x = 53.60 \text{ m}$$

Menghitung sudut proteksi yang dihasilkan

$$\alpha^o = \sin^{-1}(1 - \frac{h}{r})$$

$$\alpha^o = \sin^{-1}(1 - \frac{3}{266.73})$$

$$\alpha^o = \sin^{-1}(1 - 0.01124)$$

$$\alpha^o = \sin^{-1}(0.98876)$$



$$\alpha^{\circ} = 81.398^{\circ}$$

Menghitung jarak lindung horizontal

$$\tan \alpha^{\circ} = \frac{x}{h}$$

$$x = \tan \alpha^{\circ} \cdot h$$

$$x = \tan 81.398^{\circ} \cdot 3$$

$$x = 19.38 \text{ m}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka dapat disimpulkan hasil jumlah electrode seperti pada tabel 4.4

**Tabel 4.4** Perhitungan Terminasi Udara Raw Material Area

No	Parameter	Raw Material Area
1	Arus Puncak (KA)	100
2	Jari-jari bola gelinding (m)	266.732
3	Tinggi elektrode rod (m)	3
4	Tinggi Bangunan (m)	22
5	Panjang bangunan (m)	114
6	<i>Sudut perlindungan (<math>\alpha^{\circ}</math>)</i>	64.9951 <sup>o</sup>
7	Jarak lindung horizontal (m)	53.6
8	Jumlah elektrode rod	7

Berdasarkan hasil perhitungan yang terlihat pada tabel 4.4 terlihat bahwa pada terminasi udara Raw Material Area menggunakan 7 elektrode batang rod

Sudut perlindungan yang besar membuat jarak horizontal antar elektrode akan semakin kecil. Hal ini juga dipengaruhi oleh arus petir yang mengalir. Jika semakin kecil arus petir yang ditangkap maka semakin kecil pula jari-jari bola gelinding yang menyebabkan jarak horiontal akan semakin berkurang

#### 4.2.2. Terminasi Udara pada Process Area

Berdasarkan persamaan standar terminasi udara, maka dapat dihitung jarak horizontal antar dua electrode dengan data bangunan sebagai berikut :

Height (  $h_1$  ) : 22 meter

Height (  $h_2$  ) : 0 meter ( Single roof )

Length : 72 meter

Perhitungan :

Menghitung jarak sambar dan jari-jari bola gelinding

$$r_s = 6.7I^{0.8}$$

$$r_s = 6.7 \cdot 100^{0.8}$$

$$r_s = 266.73 \text{ kA}$$

Menghitung sudut proteksi yang dihasilkan

$$\alpha^o = \sin^{-1}\left(1 - \frac{h}{r}\right)$$

$$\alpha^o = \sin^{-1}\left(1 - \frac{25}{266.73}\right)$$

$$\alpha^o = \sin^{-1}(1 - 0.09372)$$

$$\alpha^o = \sin^{-1}(0.9062)$$

$$\alpha^o = 64.9951^o$$

Menghitung jarak lindung horizontal

$$\tan \alpha^o = \frac{x}{h}$$

$$x = \tan \alpha^o \cdot h$$

$$x = \tan 64.9951^o \cdot 25$$

$$x = 53.60 \text{ m}$$

Menghitung sudut proteksi yang dihasilkan

$$\alpha^o = \sin^{-1}(1 - \frac{h}{r})$$

$$\alpha^o = \sin^{-1}(1 - \frac{3}{266.73})$$

$$\alpha^o = \sin^{-1}(1 - 0.01124)$$

$$\alpha^o = \sin^{-1}(0.98876)$$

$$\alpha^o = 81.398^o$$

Menghitung jarak lindung horizontal

$$\tan \alpha^o = \frac{x}{h}$$

$$x = \tan \alpha^o \cdot h$$

$$x = \tan 81.398^o \cdot 3$$

$$x = 19.38 \text{ m}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka dapat disimpulkan hasil jumlah electrode seperti pada tabel 4.5 dimana dibuthkan lima electrode rod dalam desain tersebut.

**Tabel 4.5** Perhitungan Terminasi Udara Process Area

No	Parameter	Process Area
1	Arus Puncak (KA)	100
2	Jari-jari bola gelinding (m)	266.732
3	Tinggi elektrode rod (m)	3

**Tabel 4.5** Lanjutan Perhitungan Terminasi Udara Process Area

No	Parameter	Process Area
4	Tinggi Bangunan (m)	22
5	Panjang bangunan (m)	72
6	<i>Sudut perlindungan (<math>\alpha^\circ</math>)</i>	64.9951
7	Jarak lindung horizontal (m)	53.6
8	Jumlah elektrode rod	5

Berdasarkan hasil perhitungan yang terlihat pada tabel 4.6 terlihat bahwa pada terminasi udara Raw Material Area menggunakan 7 elektrode batang rod

#### **4.2.3. Terminasi Udara pada Storage Area**

Berdasarkan persamaan standar terminasi udara, maka dapat dihitung jarak horizontal antar dua electrode dengan data bangunan sebagai berikut :

Height (  $h_1$  ) : 16meter

Height (  $h_2$  ) ; 0 meter ( Single roof )

Length : 72 meter

Perhitungan :

Menghitung jarak sambar dan jari-jari bola gelinding

$$r_s = 6.7I^{0.8}$$

$$r_s = 6.7 \cdot 100^{0.8}$$

$$r_s = 266.73 \text{ kA}$$

Menghitung sudut proteksi yang dihasilkan

$$\alpha^o = \sin^{-1}(1 - \frac{h}{r})$$

$$\alpha^o = \sin^{-1}(1 - \frac{16}{266.73})$$

$$\alpha^o = \sin^{-1}(1 - 0.05998)$$

$$\alpha^o = \sin^{-1}(0.94001)$$

$$\alpha^o = 70.051^o$$

Menghitung jarak lindung horizontal

$$\tan \alpha^o = \frac{x}{h}$$

$$x = \tan \alpha^o \cdot h$$

$$x = \tan 70.05 \cdot 25$$

$$x = 68.88 \text{ m}$$

Menghitung sudut proteksi yang dihasilkan

$$\alpha^o = \sin^{-1}(1 - \frac{h}{r})$$

$$\alpha^o = \sin^{-1}(1 - \frac{3}{266.73})$$

$$\alpha^o = \sin^{-1}(1 - 0.01124)$$

$$\alpha^o = \sin^{-1}(0.98876)$$

$$\alpha^o = 81.398^o$$

Menghitung jarak lindung horizontal

$$\tan \alpha^o = \frac{x}{h}$$

$$x = \tan \alpha^{\circ} \cdot h$$

$$x = \tan 81.398^{\circ} \cdot 3$$

$$x = 19.38 \text{ m}$$

**Tabel 4.6** Perhitungan Terminasi Udara Storage Area

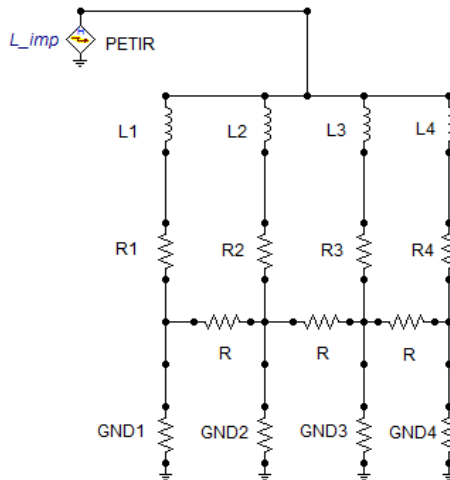
No	Parameter	Storage Area
1	Arus Puncak (KA)	100
2	Jari-jari bola gelinding (m)	266.732
3	Tinggi elektrode rod (m)	3
4	Tinggi Bangunan (m)	16
5	Panjang bangunan (m)	72
6	<i>Sudut perlindungan (<math>\alpha^{\circ}</math>)</i>	70.054
7	Jarak lindung horizontal (m)	68.88
8	Jumlah elektrode rod	4

Berdasarkan hasil perhitungan yang terlihat pada tabel 4.6 terlihat bahwa pada terminasi udara Raw Material Area menggunakan 4 batang electrode rod

### 4.3. Down Conductor

*Down Conductor* berfungsi sebagai penyalur arus petir yang mengenai Terminasi udara (terminal udara) dan diteruskan ke pembumian/grounding. Pemilihan jumlah dan posisi konduktor penyalur sebaiknya memperhitungkan kenyataan bahwa, jika arus petir dibagi dalam beberapa konduktor penyalur, resiko loncatan kesamping dan gangguan elektro magnetik didalam gedung berkurang. Berdasarkan standar SNI 7015 2014 bahwa setiap down conductor yang terpasang down conductor dipasang pada rute sependek mungkin serta tidak menimbulkan, bahaya side-flash pada manusia / peralatan dan bahaya induksi terutama bagi peralatan sensitif.

Down conductor menggunakan kabel NYY 1 x 70 mm<sup>2</sup> dimodelkan dalam bentuk resistor dan inductor yang disusun secara seri dimana pada model down conductor ini terdapat empat cabang down conductor yang disusun dalam R1,R2,R3,R4, dan L1,L2,L3,L4.



**Gambar 4.1** Permodelan Down Conductor

Sementara untuk menghitung jari-jari penghantar menggunakan persamaan

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

Dimana :

r = jari-jari penghantar (m)

A = luas penampang penghantar (mm<sup>2</sup>)

Untuk menghitung resistor dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Rd = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

Dimana :

$\rho$  = Densitas

$l$  = Panjang penghantar

$A$  = Luas Penampang Penghantar ( $\text{mm}^2$ )

Dan untuk menghitung induktansi dengan menggunakan persamaan :

$$Ld = 0.21 \left[ \ln \left( 2 \times \frac{l}{r} \right) - 1 \right]$$

Dimana :

$l$  = Panjang penghantar (m)

$r$  = jari-jari penghantar (m)

#### 4.3.1. Perhitungan Down Conductor pada Raw Material Area

Pada area ini digunakan kabel NYY 1 x 70  $\text{mm}^2$  dimodelkan dalam bentuk resistor dan inductor yang disusun secara seri dimana pada model down conductor ini terdapat empat cabang down conductor yang disusun dalam R1,R2,R3,R4, dan L1,L2,L3,L4.

Menghitung jari-jari penghantar :

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$r = \sqrt{\frac{70 \cdot 10^{-6}}{\pi}}$$

$$r = 4.72 \times 10^{-3} \text{ m}$$



Menghitung resistansi pada kabel penghantar :

$$Rd = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

$$Rd = 1.72 \times 10^{-8} \cdot \frac{22}{70 \times 10^{-6}}$$

$$Rd = 1.72 \times 10^{-8} \cdot 314285.7143$$

$$Rd = 0.5405 \Omega$$

Menghitung induktansi pada kabel penghantar :

$$Ld = 0.21 \left[ \ln \left( 2 \times \frac{l}{r} \right) - 1 \right]$$

$$Ld = 0.21 \left[ \ln \left( 2 \times \frac{22}{4.72 \times 10^{-3}} \right) - 1 \right]$$

$$Ld = 0.21 [\ln(2 \times 4661.0169) - 1]$$

$$Ld = 0.21 [\ln(9322.033) - 1]$$

$$Ld = 0.21 [9.140 - 1]$$

$$Ld = 0.21 [8.140]$$

$$Ld = 0.21 [9.140 - 1]$$

$$Ld = 1.709 H$$

#### 4.3.2. Perhitungan Down Conductor pada Process Material Area

Pada area ini digunakan kabel NYY 1 x 70 mm<sup>2</sup> dimodelkan dalam bentuk resistor dan inductor yang disusun secara seri dimana pada model down conductor ini terdapat empat cabang down conductor yang disusun dalam R1,R2,R3,R4, dan L1,L2,L3,L4.dengan resistor dan inductor yang disusun secara seri, Pada bagian terakhir dberi electrode grounding rod dengan system saling berhubungan sehingga permodelan tampak seperti gambar 4.1

Menghitung jari-jari penghantar :

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$r = \sqrt{\frac{70 \cdot 10^{-6}}{\pi}}$$

$$r = 4.72 \times 10^{-3} m$$

Menghitung resistansi pada kabel penghantar :

$$Rd = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

$$Rd = 1.72 \times 10^{-8} \cdot \frac{22}{70 \times 10^{-6}}$$

$$Rd = 1.72 \times 10^{-8} \cdot 314285.7143$$

$$Rd = 0.5405 \Omega$$

Menghitung induktansi pada kabel penghantar :

$$Ld = 0.21 \left[ \ln \left( 2 \times \frac{l}{r} \right) - 1 \right]$$

$$Ld = 0.21 \left[ \ln \left( 2 \times \frac{22}{4.72 \times 10^{-3}} \right) - 1 \right]$$

$$Ld = 0.21 [\ln(2 \times 4661.0169) - 1]$$

$$Ld = 0.21 [\ln(9322.033) - 1]$$

$$Ld = 0.21 [9.140 - 1]$$

$$Ld = 0.21 [8.140]$$

$$Ld = 0.21 [9.140 - 1]$$

$$Ld = 1.709 H$$

#### 4.3.3. Perhitungan Down Conductor pada Stroage Material Area

Pada area ini digunakan kabel NYY 1 x 70 mm<sup>2</sup> dimodelkan dalam bentuk resistor dan inductor yang disusun secara seri.

Menghitung jari-jari penghantar :

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$r = \sqrt{\frac{70 \cdot 10^{-6}}{\pi}}$$

$$r = 4.72 \times 10^{-3} m$$

Menghitung resistansi pada kabel penghantar :

$$Rd = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

$$Rd = 1.72 \times 10^{-8} \cdot \frac{16}{70 \times 10^{-6}}$$

$$Rd = 1.72 \times 10^{-8} \cdot 228571.4286$$

$$Rd = 3.931 \times 10^{-3} \Omega$$

Menghitung induktansi pada kabel penghantar :

$$Ld = 0.21 \left[ \ln \left( 2 \times \frac{l}{r} \right) - 1 \right]$$

$$Ld = 0.21 \left[ \ln \left( 2 \times \frac{16}{4.72 \times 10^{-3}} \right) - 1 \right]$$

$$Ld = 0.21 [\ln(2 \times 3389.83) - 1]$$

$$Ld = 0.21 [\ln(6779.6110) - 1]$$

$$Ld = 0.21 [8.821 - 1]$$

$$Ld = 0.21 [7.821]$$

$$Ld = 1.64225 H$$

#### 4.4. Pentanahan

Pentanahan adalah menanam satu/beberapa elektroda kedalam tanah dengan cara tertentu untuk mendapatkan tahanan pembumian yang diinginkan. Elektroda pembumian tersebut membuat kontak langsung dengan bumi. Penghantar bumi yang tidak berisolasi yang ditanam dalam bumi dianggap sebagai bagian dari elektroda bumi.

Pentanahan suatu area dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{\alpha} - 1 \right) \times \frac{1.16}{2}$$

Perhitungan resistansi untuk lebih dari satu resistansi secara paralel :

$$R_n = \frac{R}{n} \times F$$

Dimana

$R$  : Resistansi dari satu tiang penyulang ( $\Omega$ )

$\rho$  : Resistansi tanah ( $\Omega \cdot m$ )

$L$  : Panjang Tiang Penyulang (m)

$\alpha$  : Radius dari tiang penyulang (m)

$R_n$  : Resistansi paralel sebanyak n ( $\Omega$ )

$n$  : Banyaknya resistansi terhubung secara paralel

$F$  : Faktor Pengali

#### 4.4.1. Pentanahan pada Raw Material Area

Data untuk perhitungan pentanahan pada Raw Material Area tampak pada tabel 4.7

**Tabel 4.7** Data Grounding Calculation Raw Material Area

No	Parameter	Raw Material Area
1	Resistance value (max)	5
2	Length of grounding electrode (L)	3
3	Radius of grounding electrode (a)	0.009
4	Soil resistivity ( $\Omega$ .m)	10.1
5	Number of grounding electrode (n)	1
6	Multipler factor (F)	1
7	Coefficient ( $\alpha$ )	3.14
8	Resistivity Result ( $\Omega$ )	2.237074

Perhitungan :  
Untuk satu titik pentanahan elektrode

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right) \times \frac{1.16}{2}$$

$$R = \frac{10.10}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} \left( \ln \frac{4 \cdot 3}{0.009} - 1 \right) \times \frac{1.16}{2}$$

$$R = \frac{10.10}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} \left( \ln 477.77 - 1 \right) \times \frac{1.16}{2}$$

$$R = \frac{10.10}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} (6.169) \times \frac{1.16}{2}$$

$$R = 2.23704 \, \Omega$$

Resistansi dari electrode parallel

$$R_n = \frac{R}{n} \times F$$

$$R_n = \frac{2.23704}{n} \times F$$

$$R_n = 0.55926 \, \Omega$$

Didapatkan  $R = 2.23704 \, \Omega$  untuk satu electrode grounding dan  $R_n = 0.55926 \, \Omega$  untuk empat electrode grounding

#### 4.4.2. Pentanahan pada *Process Area*

Data untuk perhitungan pentanahan pada Raw Material Area tampak pada tabel 4.8

**Tabel 4.8** Data Grounding Calculation Process Area

No	Parameter	Process Area
1	Resistance value (max)	5
2	Length of grounding electrode (L)	3
3	Radius of grounding electrode (a)	0.009
4	Soil resistivity ( $\Omega.m$ )	8.37
5	Number of grounding electrode (n)	4
6	Multipler factor (F)	1
7	Coefficient ( $\alpha$ )	3.14
8	Resistivity Result ( $\Omega$ )	1.853892136

Perhitungan :

Untuk satu titik pentanahan elektrode

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{\alpha} - 1 \right) \times \frac{1.16}{2}$$

$$R = \frac{8.37}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} \left( \ln \frac{4 \cdot 3}{0.009} - 1 \right) \times \frac{1.16}{2}$$

$$R = \frac{8.37}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} (\ln 477.77 - 1) \times \frac{1.16}{2}$$

$$R = \frac{8.37}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} (6.169) \times \frac{1.16}{2}$$

$$R = 1.853892 \, \Omega$$

Resistansi dari electrode parallel

$$R_n = \frac{R}{n} \times F$$

$$R_n = \frac{1.853892}{n} \times F$$

$$R_n = 0.4634 \, \Omega$$

Didapatkan  $R = 1.853892 \, \Omega$  untuk satu electrode grounding dan  $R_n = 0.4634 \, \Omega$  untuk empat electrode grounding

#### 4.4.3. Pentanahan pada Storage Area

Data untuk perhitungan pentanahan pada Raw Material Area tampak pada tabel 4.9

**Tabel 4.9** Data Grounding Calculation Storage Area

No	Parameter	Storage Area
1	Resistance value (max)	5
2	Length of grounding electrode (L)	3

**Tabel 4.10** Data Grounding Calculation Storage Area

No	Parameter	Storage Area
3	Radius of grounding electrode (a)	0.009
4	Soil resistivity ( $\Omega.m$ )	10.39
5	Number of grounding electrode (n)	4
6	Multipler factor (F)	1
7	Coefficient ( $\alpha$ )	3.14
8	Resistivity Result ( $\Omega$ )	2.289904

Perhitungan :

Untuk satu titik pentanahan elektrode

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right) \times \frac{1.16}{2}$$

$$R = \frac{10.39}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} \left( \ln \frac{4 \cdot 3}{0.009} - 1 \right) \times \frac{1.16}{2}$$

$$R = \frac{10.39}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} (\ln 477.77 - 1) \times \frac{1.16}{2}$$

$$R = \frac{10.39}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} (6.169) \times \frac{1.16}{2}$$

$$R = 2.289904\Omega$$

Resistansi dari electrode parallel

$$R_n = \frac{R}{n} \times F$$

$$R_n = \frac{2.289904}{n} \times F$$

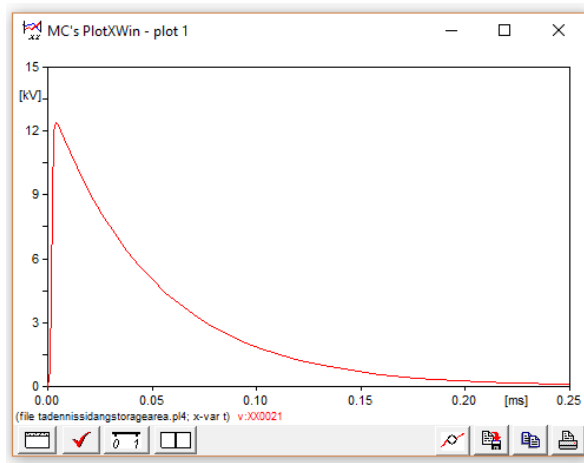


$$R_n = 0.57226 \, \Omega$$

Berdasarkan hasil yang telah disampaikan maka akan didapatkan data permodelan dalam tabel 4.7 :

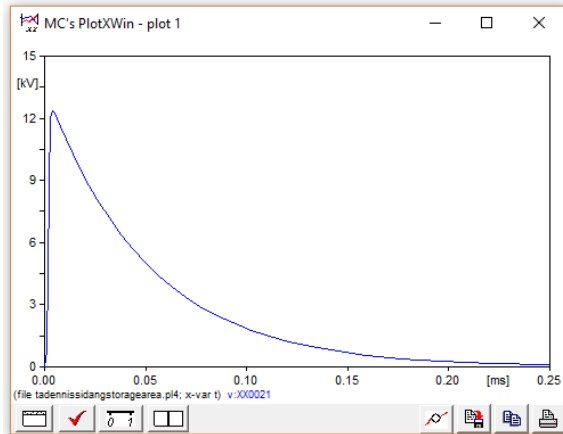
**Tabel 4.11** Data Permodelan Down Conductor

Bangunan	Resistansi down conductor ( $\Omega$ )	Induktansi down conductor (mH)	Resistansi Pentanahan Paralel ( $\Omega$ )
Raw Material Area	$3.931 \times 10^{-3}$	1.709	0.55926
Process Area	0.5405	1.651	0.4346
Storage Area	0.5405	1.745	0.57226

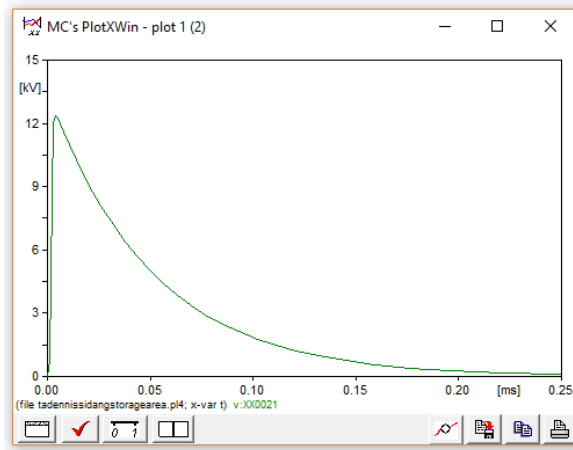


**Gambar 4.2** Tegangan Down Conductor pada Raw Material Area

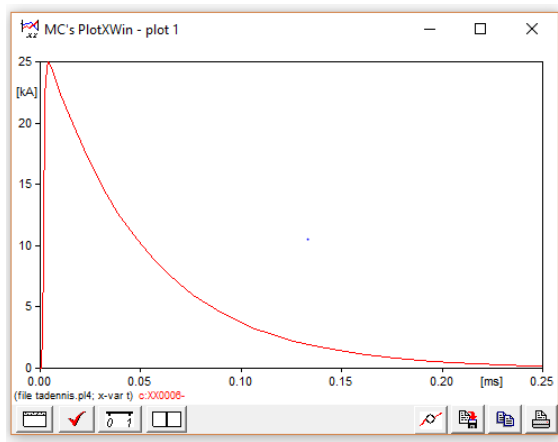
Dari data dalam tabel 4.10 kemudian dimasukkan kedalam permodelan yang telah dirancang. Dan pada hasil simulasi ATP ditunjukkan hasil tegangan yang diketanahkan adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.2, gambar 4.3, dan gambar 4.4



**Gambar 4.3** Tegangan Down Conductor pada Raw Material Area



**Gambar 4.4** Tegangan Down Conductor pada Storage Area



**Gambar 4.5** Arus yang Mengalir pada Down Conductor

Pada gambar 4.2, gambar 4.3, dan gambar 4.4 jelas terlihat bahwa tegangan impuls muncul dengan puncak 18kV dan hasilnya bahwa down conductor dan system pentanahan mampu menentanahkan surja gelombang tersebut kurang dari 0.25 ms dan dilihat pada arus yang mengalir pada down conductor sebesar 25kA di setiap cabangnya seperti yang terlihat pada gambar 4.5 juga mampu mengentanahkan system kurang dari 0.25ms sehingga system pentanahan ini cukup baik untuk membumikan langsung gelombang surja yang diterima di seluruh area pabrik NPK Fussion

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dalam pembuatan Tugas Akhir ini yang berjudul “Evaluasi Sistem Proteksi Petir Eksternal pada PT Pupuk Sriwijaya” dengan melalui pengamatan kondisi petir serta efeknya pada bangunan serta studi analisis penyempurnaan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Dengan kondisi SPE yang ada, maka seluruh ruang di bangunan sudah terproteksi dengan baik. Seluruh daerah pada bangunan NPK Fussion sudah terlindungi
2. Berdasarkan standar SNI 03-7015-2004, perhitungan terminasi udara pada Storage Area memerlukan 4 buah electrode batang dengan jarak horizontal adalah 19.38 m
3. Berdasarkan standar SNI 03-7015-2004, perhitungan terminasi udara pada Process Area memerlukan 5 buah electrode batang dengan jarak horizontal adalah 19.38 m dari
4. Berdasarkan standar SNI 03-7015-2004, perhitungan terminasi udara pada Raw Material Area memerlukan 7 buah electrode batang dengan jarak horizontal adalah 19.38 m
5. Penggunaan down conductor yang dihubungkan secara paralel berfungsi untuk membagi arus dari 100kA menjadi 25kA di tiap batang down conductor
6. Grounding system cukup baik karena mampu menyetanahkan gelombang surja kurang dari 0.25ms

## **5.2. Saran**

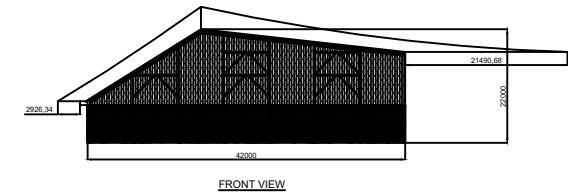
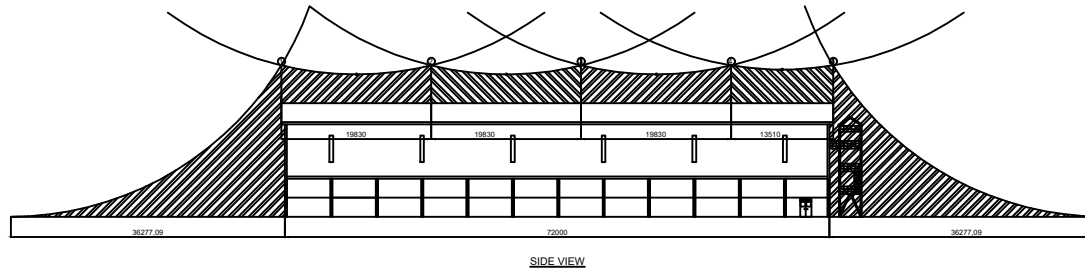
Saran untuk kegiatan penelitian ini setelah melalui pengamatan kondisi petir serta efeknya pada bangunan serta studi analisis penyempurnaan adalah :

1. Penelitian berdasarkan basis dari sebuah jurnal. Data yang diambil dari perusahaan memiliki referensi atau dasar dari paper ilmiah.
2. Perhitungan dalam penelitan sebelumnya ada baiknya perlu dikaji ulang karena peneliti menemukan beberapa kejanggalan dalam proses perhitungan penelitian sebelumnya seperti luas bangunan, perhitungan terminasi udara, dan pentanahan yang tidak menemui kecocokan antara satu dengan yang lain. Terjadi kejanggalan dalam proses penggambaran bangunan dimana hasil gambar tidak sesuai dengan hasil perhitungan.

## DAFTAR PUSTAKA

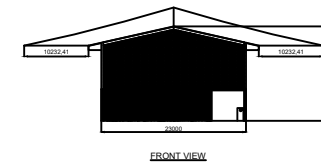
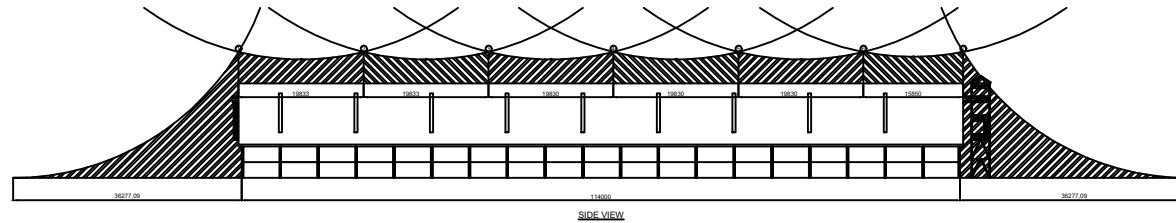
1. Jiang A, Nie P, Yang J, Shen Y, Dai J, Dai H, editors. Design and evaluation of differentiated lightning protection countermeasures for pudong 10 kV distribution lines. Electricity Distribution (CICED), 2016 China International Conference on; 2016: IEEE.
2. Rakov VA. Lightning discharge and fundamentals of lightning protection. Journal of Lightning Research. 2012;4(1):3-11.
3. Tobias JM. The basis of conventional lightning protection systems. IEEE Transactions on Industry Applications. 2004;40(4):958-62.
4. Yuda Ugahari IG. Analisis Sambaran Petir Eksternal menggunakan metode collection volume studi kasus gedung fakultas teknik universitas indonesia. 2012.
5. Zoro R, Pramono EY. Lightning Performance of Extra High Voltage 500 kV Lines at East Java-Indonesia. IPTEK The Journal for Technology and Science. 2008;19(4).

## **LAMPIRAN**

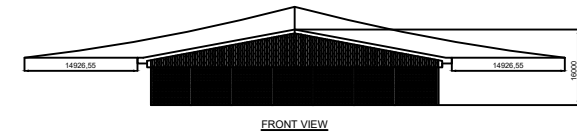
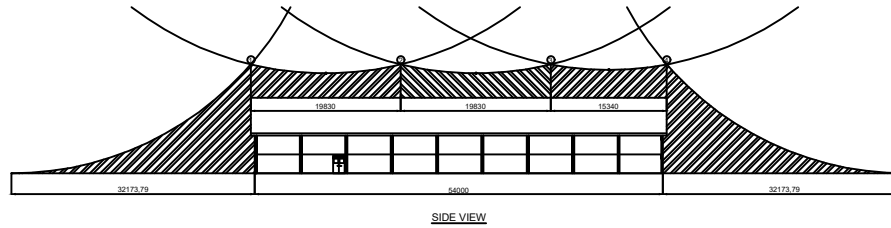


UNIVERSITAS :					
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA					
JUDUL :					
LIGHTNING PROTECTION ASSESMENT PROCESS AREA					
SCALE : 1 : 1000		TANGGAL	TANDA TANGAN	SATUAN UKUR : mm	
NAMA : DENNIS MESSELINUS CHRISTIAN		02/05/2017		A4	2/4
NRP : 2213100173					
				R-1	

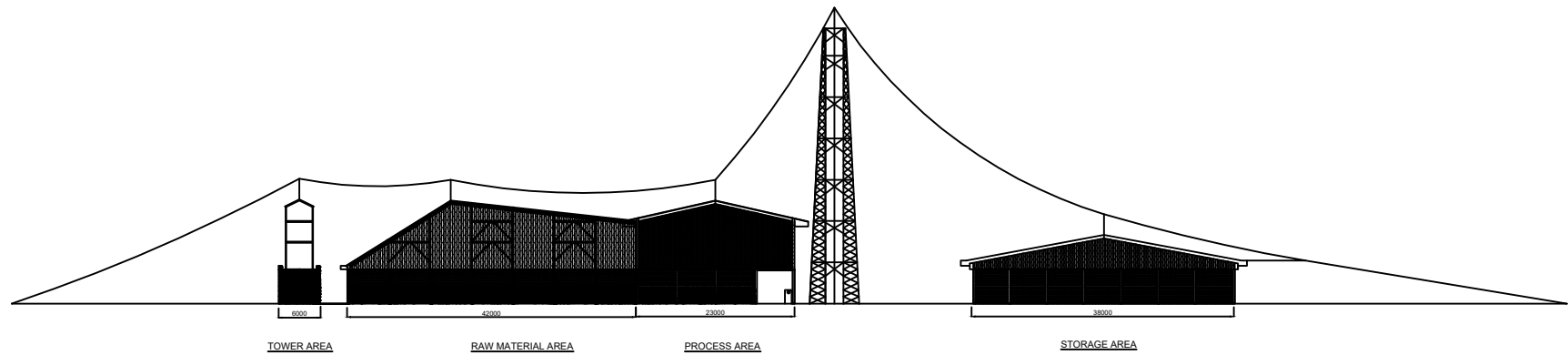




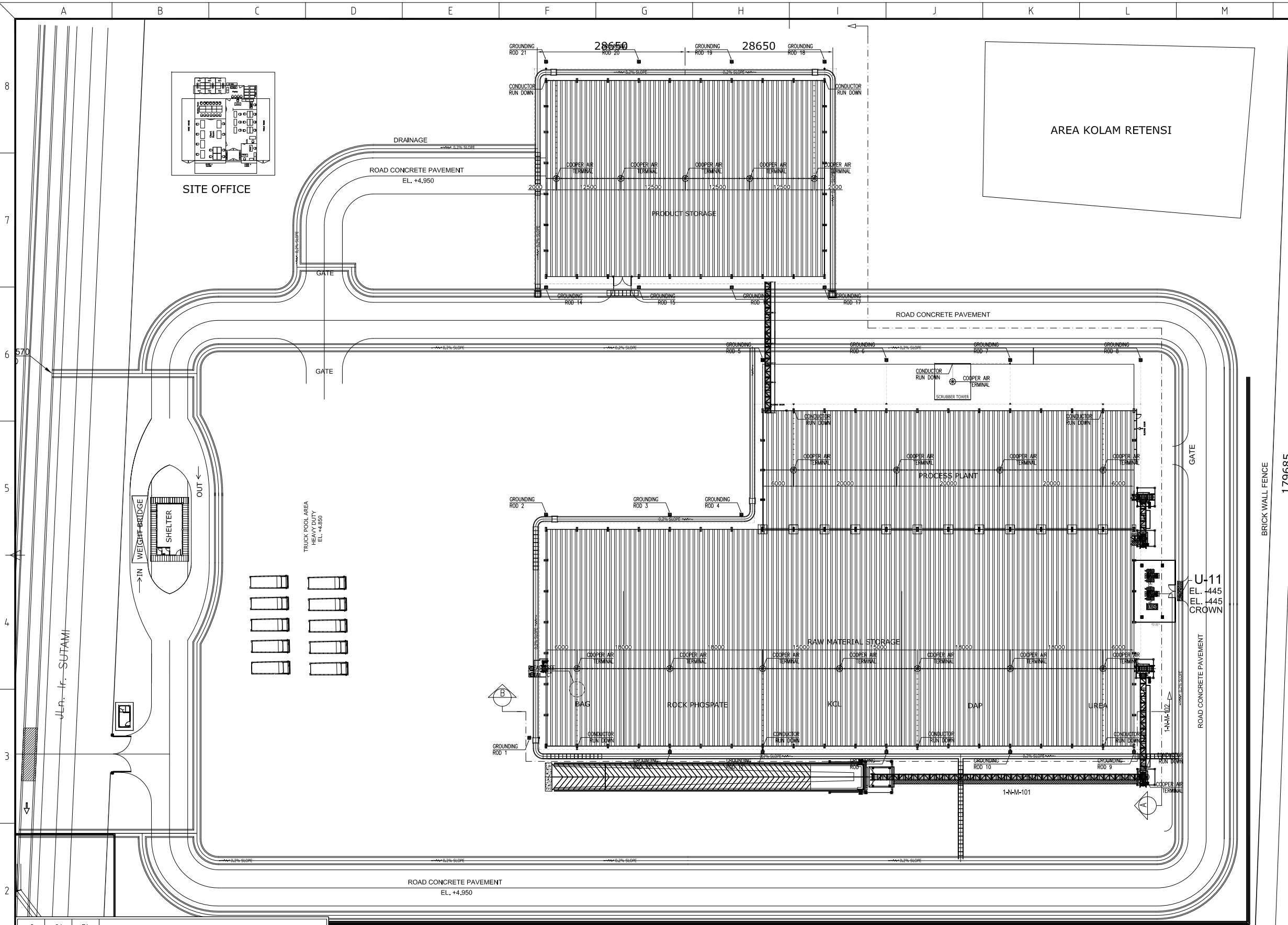
UNIVERSITAS :			
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA			
JUDUL :			
LIGHTNING PROTECTION ASSESSMENT RAW MATERIAL AREA			
SCALE : 1 : 1200	TANGGAL	TANDA TANGAN	SATUAN UKUR : mm
NAMA : DENNIS MESSELINUS CHRISTIAN	02/05/2017		A4 4/4 R-1
NRP : 2213100173			



UNIVERSITAS :					
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA					
JUDUL :					
LIGHTNING PROTECTION ASSESMENT STORAGE AREA					
SCALE : 1 : 1000		TANGGAL	TANDA TANGAN	SATUAN UKUR : mm	
NAMA : DENNIS MESSELINUS CHRISTIAN		02/05/2017		A4	1/4
NRP : 2213100173					
				R-1	

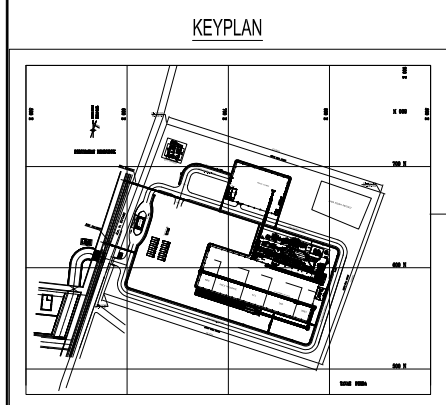


UNIVERSITAS :					
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA					
JUDUL :					
FRONT VIEW LIGHTNING PROTECTION ASSESSMENT					
SCALE : 1 : 1000		TANGGAL	TANDA TANGAN	SATUAN UKUR : mm	
NAMA : DENNIS MESSELINUS CHRISTIAN		02/05/2017		A4	4/4
NRP : 2213100173					
				R-0	



- NOTES :
- 1. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS UNLESS OTHERWISE NOTED. ELEVATION IN METERS.
  - 2. REFERENCE OF ELEVATION GL ± 0.000 = EL. +4850.
  - 3. GROUND ROD IS DRIVEN TO THE GROUND BY HAMMER TO AVOID DAMAGING ROD THREAD. THE NUMBER OF ELECTRODES TO BE DETERMINED ON SITE TO ACHIEVE OVERALL RESISTANCE TO GROUND 1 OHM MAXIMUM.
  - 4. IN BACKFILL AREAS IT MAY BE NECESSARY TO EXTEND ROD LENGTH BY COUPLING 2 RODS TOGETHER IN WHICH CASE IT IS ESSENTIAL TO AVOID DAMAGE TO ROD THREADS BY UTILIZING WHEN DRIVING WITH HAMMER.
  - 5. GROUNDING WELL LOCATION TO BE FITTED WITH SITE CONDITION

- LEGEND :
- ⊕ : COOPER AIR TERMINAL
  - : CONDUCTOR WIRE CLAMP
  - : GROUNDING WIRE BCC (50 Sqmm)



1	AS BUILT	22/10/15	UJ	JS	SP
0	ISSUED FOR REVIEW	06/01/15	DE	ES	SP
NO	DESCRIPTION	DATE	BY	CHKD	APVD

REVISIONS						
REVISION	DATE		APPROVED			
ISSUED FOR CONSTRUCTION						
DATE						
BY						
	DRAWN	DESIGNED	CHECKED	APPROVED		
ALL RECORDS DELETED						

ALL RIGHTS RESERVED

THIS DRAWING EMBODIES PROPRIETARY INFORMATION OF PT TIMAS SUPLINDO. THIS DRAWING OR THE MATERIAL DESCRIBED HEREIN IS INTENDED FOR PURPOSE OF NPK FUSION PROJECT OF PT PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG. MAY NOT BE COPIED OR DISCLOSED IN ANY FORM OR MEDIUM TO TO THIRD PARTIES, OR USED FOR ANY UNAUTHORIZED PURPOSE, IN WHOLE OR IN PART IN ANY MANNER EXCEPT AS EXPRESSLY PERMITTED BY PT TIMAS SUPLINDO

PROJECT TITLE:

PROYEK PEMBANGUNAN PABRIK NPK FUSION  
CAPACITY 100.000 MTPY



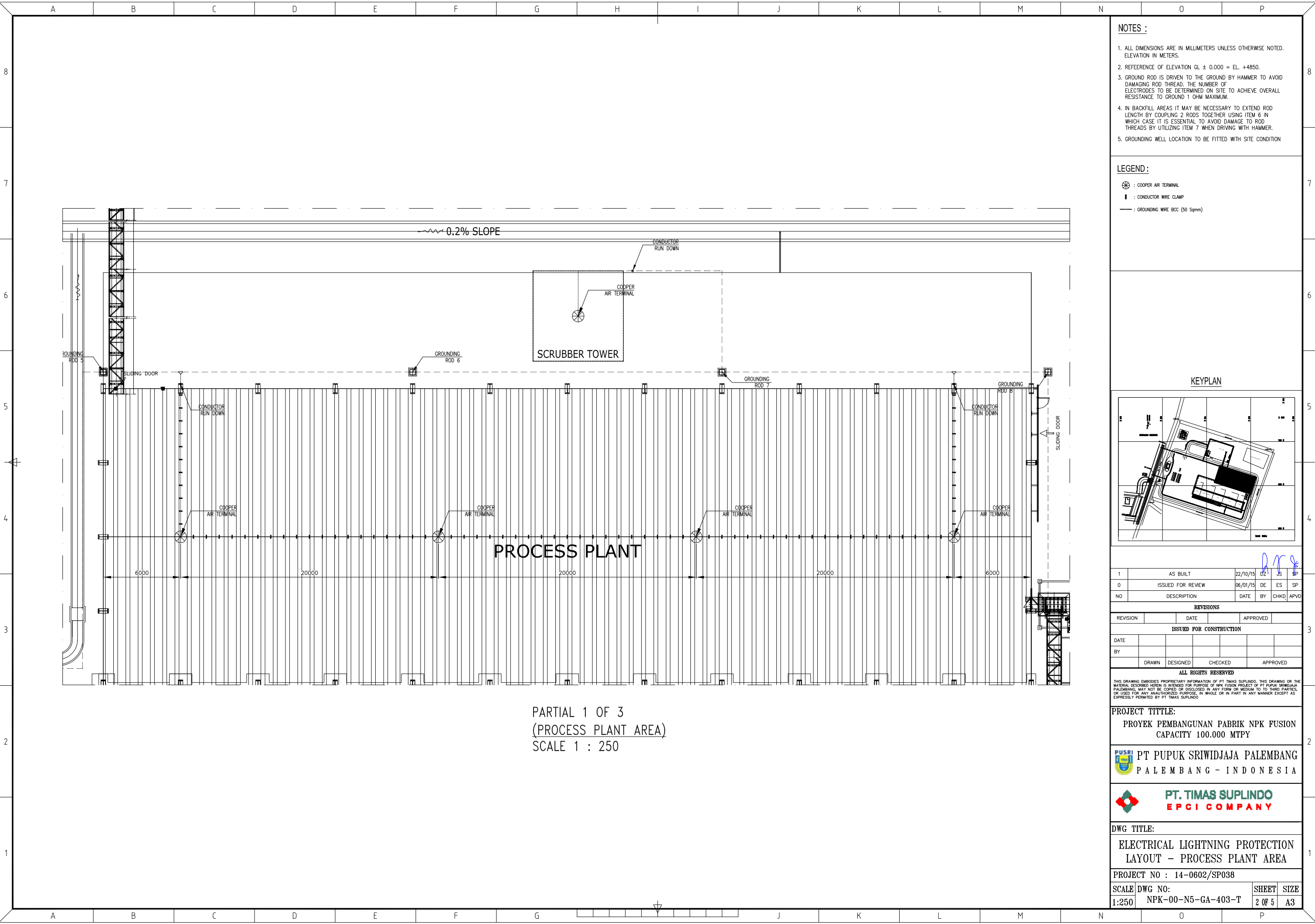
DWG TITLE:

ELECTRICAL LIGHTNING PROTECTION  
LAYOUT

PROJECT NO : 14-0602/SP038

SCALE	DWG NO:	SHEET	SIZE
1:750	NPK-00-N5-GA-403-T	1 OF 5	A3

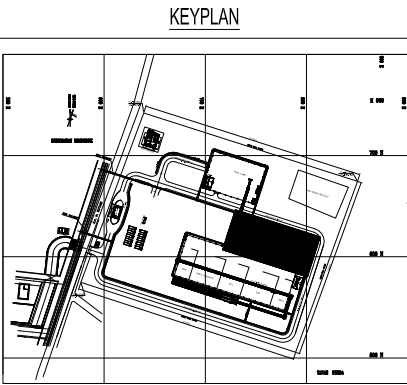
ITEM	QTY	UNIT	DESCRIPTION
9	21	EA	CABLE TO ROD CONNECTOR
8	AS/REQ'D	EA	STEEL PLATE BASE THICKNESS : 5mm
7	AS/REQ'D	EA	CABLE LUG, 6/35/50/70/95 Sqmm, 1 HOLE 10 BOLT SIZE
6	28	EA	WIRE CLAMP FOR JOINT TREE WAY CONDUCTOR (50 Sqmm)
5	18	M	ANGLE 90° BAR 50x50x5mm
4	517	M	GROUNDING WIRE BCC (50 Sqmm)
3	425	EA	CONDUCTOR WIRE CLAMP
2	18	EA	COOPER AIR TERMINAL
1	21	EA	STAINLESS STEEL-GROUNDING ELECTRODE #3/4" x 3000 LONG (19 mm x 3000 mm) EXTENSIBLE
BILL OF MATERIAL			



PARTIAL 1 OF 3  
(PROCESS PLANT AREA)  
SCALE 1 : 250

- NOTES :
1. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS UNLESS OTHERWISE NOTED. ELEVATION IN METERS.
  2. REFERENCE OF ELEVATION  $GL \pm 0.000 = EL. +4850$ .
  3. GROUND ROD IS DRIVEN TO THE GROUND BY HAMMER TO AVOID DAMAGING ROD THREAD. THE NUMBER OF ELECTRODES TO BE DETERMINED ON SITE TO ACHIEVE OVERALL RESISTANCE TO GROUND 1 OHM MAXIMUM.
  4. IN BACKFILL AREAS IT MAY BE NECESSARY TO EXTEND ROD LENGTH BY COUPLING 2 RODS TOGETHER USING ITEM 6 IN WHICH CASE IT IS ESSENTIAL TO AVOID DAMAGE TO ROD THREADS BY UTILIZING ITEM 7 WHEN DRIVING WITH HAMMER.
  5. GROUNDING WELL LOCATION TO BE FITTED WITH SITE CONDITION

- LEGEND :
- : COOPER AIR TERMINAL
  - : CONDUCTOR WIRE CLAMP
  - : GROUNDING WIRE BCC (50 Sgmm)



1	AS BUILT	22/10/15	UZ	JS	SP
0	ISSUED FOR REVIEW	06/01/15	DE	ES	SP
NO	DESCRIPTION	DATE	BY	CHKD	APVD

REVISIONS					
REVISION		DATE		APPROVED	
ISSUED FOR CONSTRUCTION					
DATE					
BY					
	DRAWN	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	

ALL RIGHTS RESERVED

THIS DRAWING EMBODIES PROPRIETARY INFORMATION OF PT TIMAS SUPLINDO. THIS DRAWING OR THE MATERIAL DESCRIBED HEREIN IS INTENDED FOR PURPOSE OF NPK FUSION PROJECT OF PT PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG. MAY NOT BE COPIED OR DISCLOSED IN ANY FORM OR MEDIUM TO TO THIRD PARTIES, OR USED FOR ANY UNAUTHORIZED PURPOSE, IN WHOLE OR IN PART IN ANY MANNER EXCEPT AS EXPRESSLY PERMITTED BY PT TIMAS SUPLINDO.

PROJECT TITLE:

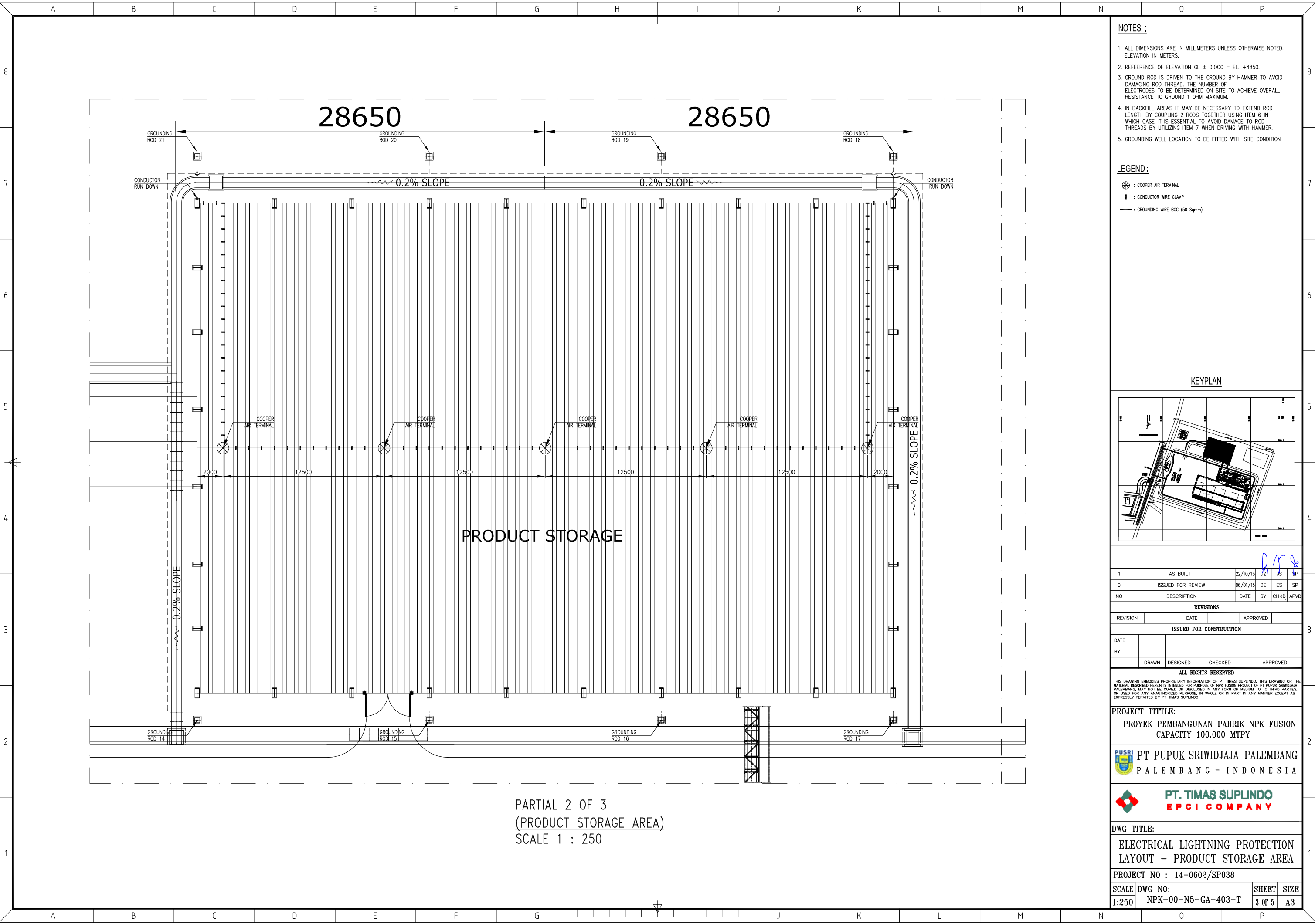
PROYEK PEMBANGUNAN PABRIK NPK FUSION  
CAPACITY 100.000 MTPY

PT PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG  
PALEMBANG - INDONESIA

DWG TITLE:

ELECTRICAL LIGHTNING PROTECTION  
LAYOUT - PROCESS PLANT AREA

PROJECT NO : 14-0602/SP038			
SCALE	DWG NO:	SHEET	SIZE
1:250	NPK-00-N5-GA-403-T	2 OF 5	A3

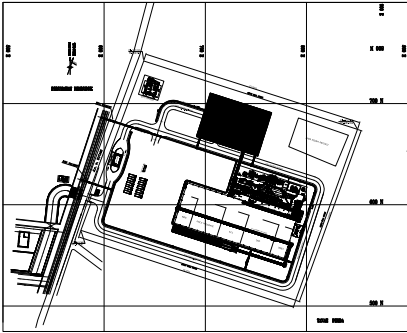


PARTIAL 2 OF 3  
(PRODUCT STORAGE AREA)  
SCALE 1 : 250

- NOTES :
1. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS UNLESS OTHERWISE NOTED. ELEVATION IN METERS.
  2. REFERENCE OF ELEVATION  $GL \pm 0.000 = EL. +4850$ .
  3. GROUND ROD IS DRIVEN TO THE GROUND BY HAMMER TO AVOID DAMAGING ROD THREAD. THE NUMBER OF ELECTRODES TO BE DETERMINED ON SITE TO ACHIEVE OVERALL RESISTANCE TO GROUND 1 OHM MAXIMUM.
  4. IN BACKFILL AREAS IT MAY BE NECESSARY TO EXTEND ROD LENGTH BY COUPLING 2 RODS TOGETHER USING ITEM 6 IN WHICH CASE IT IS ESSENTIAL TO AVOID DAMAGE TO ROD THREADS BY UTILIZING ITEM 7 WHEN DRIVING WITH HAMMER.
  5. GROUNDING WELL LOCATION TO BE FITTED WITH SITE CONDITION

- LEGEND:
- : COOPER AIR TERMINAL
  - : CONDUCTOR WIRE CLAMP
  - : GROUNDING WIRE BCC (50 Sgmm)

KEYPLAN



1	AS BUILT	22/10/15	021	JS	SP
0	ISSUED FOR REVIEW	06/01/15	DE	ES	SP
NO	DESCRIPTION	DATE	BY	CHKD	APVD

REVISIONS					
REVISION		DATE		APPROVED	
ISSUED FOR CONSTRUCTION					
DATE					
BY					
	DRAWN	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	

ALL RIGHTS RESERVED

THIS DRAWING EMBODIES PROPRIETARY INFORMATION OF PT TIMAS SUPLINDO. THIS DRAWING OR THE MATERIAL DESCRIBED HEREIN IS INTENDED FOR PURPOSE OF NPK FUSION PROJECT OF PT PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG. MAY NOT BE COPIED OR DISCLOSED IN ANY FORM OR MEDIUM TO THIRD PARTIES, OR USED FOR ANY UNAUTHORIZED PURPOSE, IN WHOLE OR IN PART IN ANY MANNER EXCEPT AS EXPRESSLY PERMITTED BY PT TIMAS SUPLINDO.

PROJECT TITLE:

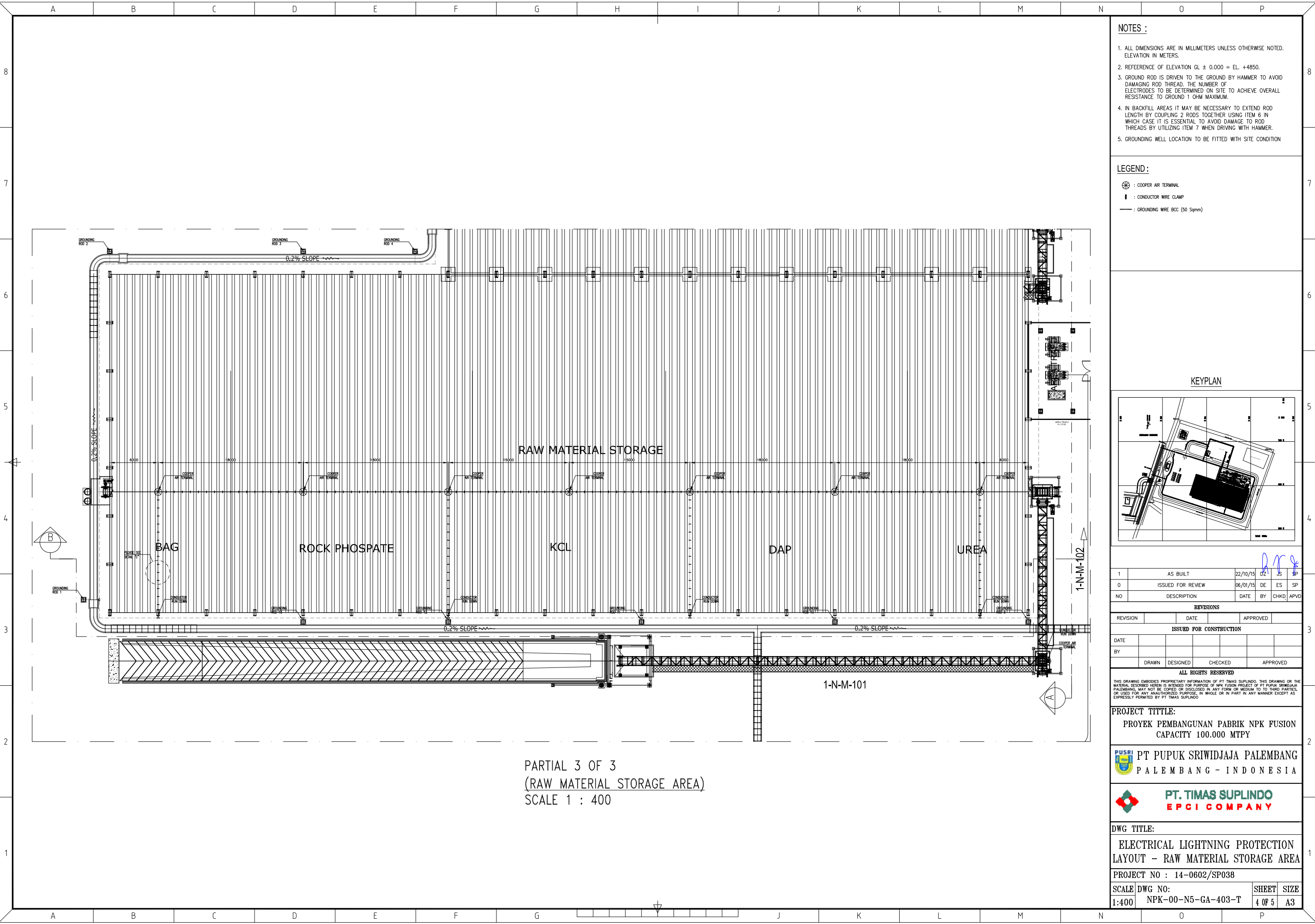
PROYEK PEMBANGUNAN PABRIK NPK FUSION  
CAPACITY 100.000 MTPY

PT PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG  
PALEMBANG - INDONESIA

DWG TITLE:

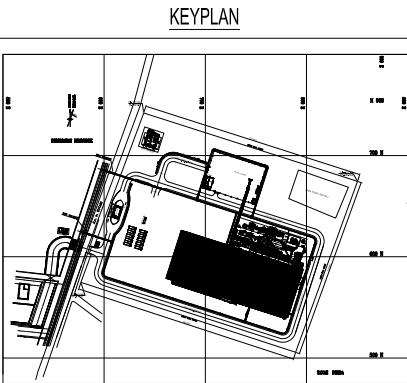
ELECTRICAL LIGHTNING PROTECTION  
LAYOUT - PRODUCT STORAGE AREA

PROJECT NO : 14-0602/SP038			
SCALE	DWG NO:	SHEET	SIZE
1:250	NPK-00-N5-GA-403-T	3 OF 5	A3



- NOTES :
1. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS UNLESS OTHERWISE NOTED. ELEVATION IN METERS.
  2. REFERENCE OF ELEVATION  $GL \pm 0.000 = EL. +4850$ .
  3. GROUND ROD IS DRIVEN TO THE GROUND BY HAMMER TO AVOID DAMAGING ROD THREAD. THE NUMBER OF ELECTRODES TO BE DETERMINED ON SITE TO ACHIEVE OVERALL RESISTANCE TO GROUND 1 OHM MAXIMUM.
  4. IN BACKFILL AREAS IT MAY BE NECESSARY TO EXTEND ROD LENGTH BY COUPLING 2 RODS TOGETHER USING ITEM 6 IN WHICH CASE IT IS ESSENTIAL TO AVOID DAMAGE TO ROD THREADS BY UTILIZING ITEM 7 WHEN DRIVING WITH HAMMER.
  5. GROUNDING WELL LOCATION TO BE FITTED WITH SITE CONDITION

- LEGEND :
- : COOPER AIR TERMINAL
  - : CONDUCTOR WIRE CLAMP
  - : GROUNDING WIRE BCC (50 Sgmm)



1	AS BUILT	22/10/15	UJ	JS	SP
0	ISSUED FOR REVIEW	06/01/15	DE	ES	SP
NO	DESCRIPTION	DATE	BY	CHKD	APVD

REVISIONS					
REVISION		DATE		APPROVED	
ISSUED FOR CONSTRUCTION					
DATE					
BY					
	DRAWN	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	

ALL RIGHTS RESERVED

THIS DRAWING EMBODIES PROPRIETARY INFORMATION OF PT TIMAS SUPLINDO. THIS DRAWING OR THE MATERIAL DESCRIBED HEREIN IS INTENDED FOR PURPOSE OF NPK FUSION PROJECT OF PT PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG. MAY NOT BE COPIED OR DISCLOSED IN ANY FORM OR MEDIUM TO THIRD PARTIES, OR USED FOR ANY UNAUTHORIZED PURPOSE, IN WHOLE OR IN PART IN ANY MANNER EXCEPT AS EXPRESSLY PERMITTED BY PT TIMAS SUPLINDO.

PROJECT TITLE:

PROYEK PEMBANGUNAN PABRIK NPK FUSION  
CAPACITY 100.000 MTPY

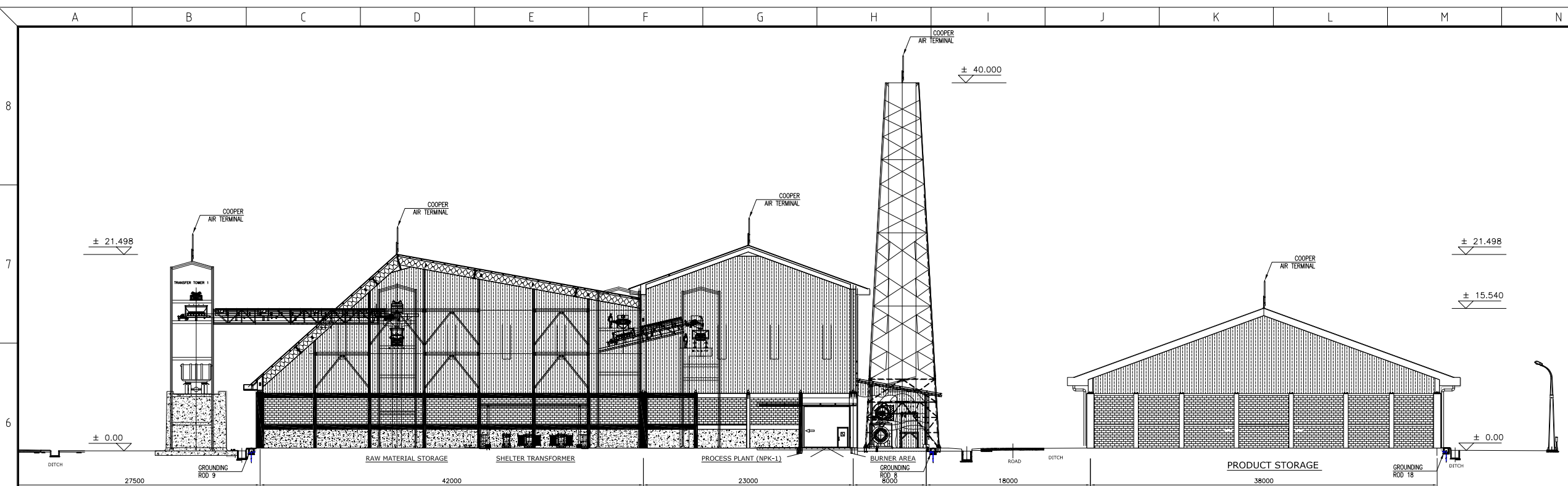
PT PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG  
PALEMBANG - INDONESIA

DWG TITLE:

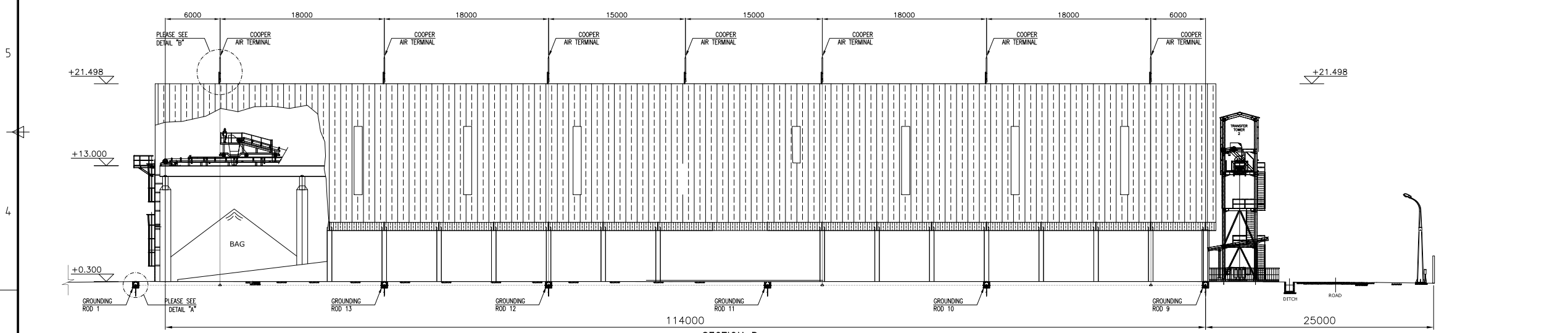
ELECTRICAL LIGHTNING PROTECTION  
LAYOUT - RAW MATERIAL STORAGE AREA

PROJECT NO : 14-0602/SP038			
SCALE	DWG NO:	SHEET	SIZE
1:400	NPK-00-N5-GA-403-T	4 OF 5	A3

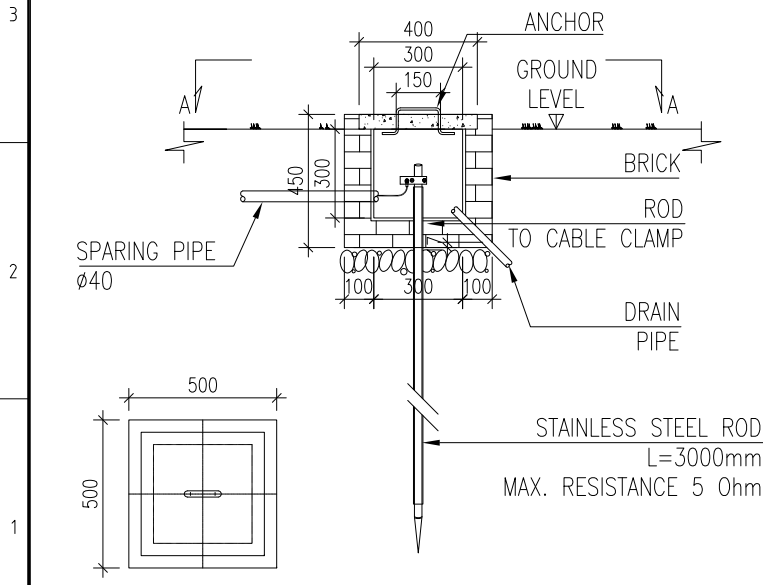




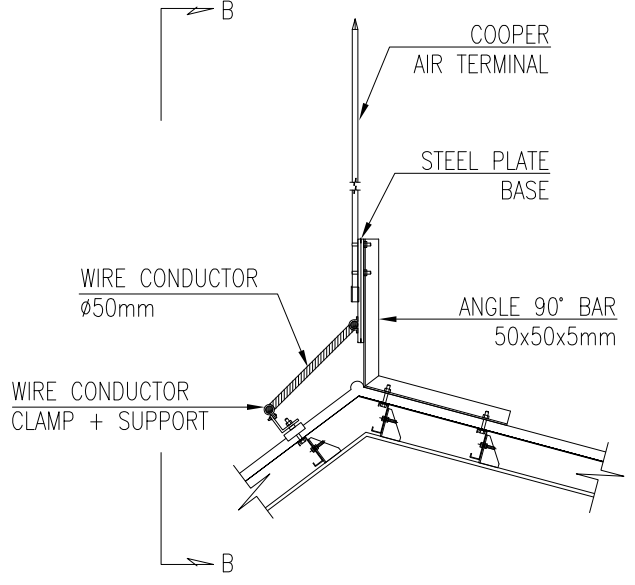
SECTION A  
SCALE 1:50



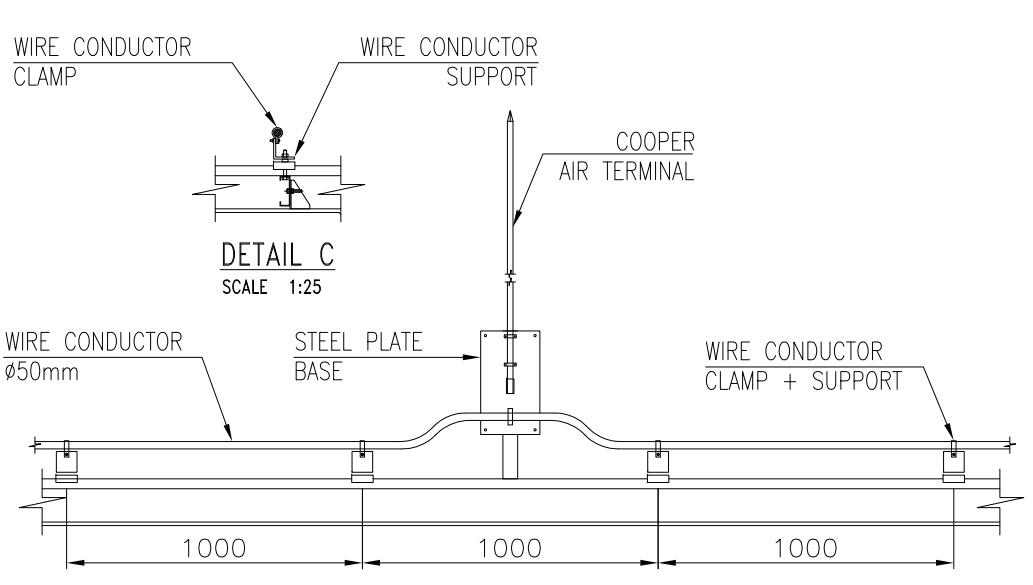
SECTION B  
SCALE 1:50



DETAIL A  
SCALE 1:25



DETAIL B  
SCALE 1:25



DETAIL C  
SCALE 1:25



VIEW B-B  
SCALE 1:25

- NOTES :
1. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS UNLESS OTHERWISE NOTED. ELEVATION IN METERS.
  2. REFERENCE OF ELEVATION GL ± 0.000 = EL. +4850.
  3. GROUND ROD IS DRIVEN TO THE GROUND BY HAMMER TO AVOID DAMAGING ROD THREAD. THE NUMBER OF ELECTRODES TO BE DETERMINED ON SITE TO ACHIEVE OVERALL RESISTANCE TO GROUND 1 OHM MAXIMUM.
  4. IN BACKFILL AREAS IT MAY BE NECESSARY TO EXTEND ROD LENGTH BY COUPLING 2 RODS TOGETHER USING ITEM 6 IN WHICH CASE IT IS ESSENTIAL TO AVOID DAMAGE TO ROD THREADS BY UTILIZING ITEM 7 WHEN DRIVING WITH HAMMER.
  5. GROUNDING WELL LOCATION TO BE FITTED WITH SITE CONDITION

1	AS BUILT	22/10/15	02	JS	SP
0	ISSUED FOR REVIEW	06/01/15	DE	ES	SP
NO	DESCRIPTION	DATE	BY	CHKD	APVD

REVISIONS					
REVISION	DATE		APPROVED		
ISSUED FOR CONSTRUCTION					
DATE					
BY					
	DRAWN	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	
ALL RECORDS DELETED					

ALL RIGHTS RESERVED  
THIS DRAWING EMBODIES PROPRIETARY INFORMATION OF PT TIMAS SUPLINDO. THIS DRAWING OR THE MATERIAL DESCRIBED HEREIN IS INTENDED FOR PURPOSE OF NPK FUSION PROJECT OF PT PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG. MAY NOT BE COPIED OR DISCLOSED IN ANY FORM OR MEDIUM TO THIRD PARTIES, OR USED FOR ANY UNAUTHORIZED PURPOSE, IN WHOLE OR IN PART IN ANY MANNER EXCEPT AS EXPRESSLY PERMITTED BY PT TIMAS SUPLINDO.

PROJECT TITLE:  
PROYEK PEMBANGUNAN PABRIK NPK FUSION  
CAPACITY 100.000 MTPY

PT PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG  
PALEMBANG - INDONESIA

PT. TIMAS SUPLINDO  
EPCI COMPANY

DWG TITLE:  
ELECTRICAL LIGHTNING PROTECTION  
LAYOUT - SECTION AND DETAIL

PROJECT NO : 14-0602/SP038

SCALE	DWG NO:	SHEET	SIZE
AS SHOWN	NPK-00-N5-GA-403-T	5 OF 5	A3



## **BIODATA PENULIS**



Penulis Lahir pada 5 Januari 1996 di sebuah kota kecil yaitu Bandarlampung, Lampung sebagai anak kedua dari dua bersaudara , penulis mengawali kegiatan pendidikan formal pada tahun 1999 di SD Xaverius 1 Teluk Betung lalu menempuh pendidikan di SMP Xaverius 1 Teluk Betung Bandarlampung dan SMA Fransiskus Bandarlampung. Pada tahun 2013, penulis diterima di Teknik Elektro, Insitut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama perkuliahan, penulis aktif dalam mengikuti kegiatan kepanitiaan baik dalam maupun luar kampus serta menjadi bagian fungsionaris HIMATEKTRO ITS pada tahun 2014/2015 dan 2015/2016 di departemen Riset dan Teknologi.

Email : [deninkev@gmail.com](mailto:deninkev@gmail.com)